MAKING MODERN LIVING POSSIBLE

SOLAR INVERTERS

Projektierungshandbuch
FLX Series

www.danfoss.com/solar

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung 3

1.1 Symbolverzeichnis 3

1.2 Abkürzungsverzeichnis 4

1.3 Softwareversion 4

2 Wechselrichterübersicht 5

2.1 Wechselrichterfunktionen der Serie FLX 5

2.2 Mechanischer Überblick über den Wechselrichter 5

2.3 Wechselrichterbeschreibung 5

2.3.1 Funktionsüberblick 5

2.3.2 Funktionale Sicherheit 8

2.3.3 Betriebsarten 8

2.3.4 Internationaler Wechselrichter 8

2.3.5 Leistungsreduzierung 9

2.3.6 MPPT 12

2.3.7 Ertragssteigernde Funktionen 12

2.3.7.1 PV-Sweep 12

2.3.7.2 Adaptive Verbrauchskompensation (ACC) 13

2.3.7.3 Dynamische Leistungsverteilung (DPD) 13

2.3.8 Interner Überspannungsschutz 13

2.4 Einstellungen für funktionale Sicherheit 13

2.5 Benutzerschnittstellen 14

2.5.1 Sicherheitsebene 14

2.5.2 Webschnittstelle 15

2.6 Netzunterstützende Funktionen 17

2.6.1 Wirkleistungs-/Blindleistungstheorie (PQ-Theorie) 17

2.7 Übersicht Hilfsdienste 18

2.8 Dynamische Netzwerkunterstützung (FRT) 18

2.8.1 Beispiel: Deutschland Mittelspannung 18

2.9 Wirkleistungssteuerung 20

2.9.1 Fester Grenzwert 20

2.9.2 Dynamischer Wert 20

2.9.3 Ferngesteuerte Anpassung der Ausgangsleistung 21

2.10 Blindleistung 22

2.10.1 Konstanter Blindleistungswert 22

2.10.2 Dynamischer Wert 23

2.10.3 **Ferngesteuerte Anpassung der Blindleistung** 23

2.11 Rückfallwerte 23

3 Systemplanung 24

3.1 Einführung 24
3.2 DC-Seite 24
3.2.1 PV-Anschlussanforderungen 24
3.2.2 Bestimmung des Auslegungsverhältnisses für das PV-System 31
3.2.3 Dünnschichtmodule 31
3.2.4 Interner Überspannungsschutz 32
3.2.5 Wärmemanagement 32
3.2.6 PV-Simulation 33
3.3 Anschluss an das Niederspannungsnetz 33
3.3.1 AC-Anschlussbedingungen 33
3.3.2 Dimensionierung externer AC-Komponenten 33
3.3.3 Netzimpedanz 33

4 Optionen und Kommunikationsschnittstellen 35
4.1 Einführung 35
4.2 Sensorschnittstellenoption 35
4.2.1 Temperaturfühler 36
4.2.2 Einstrahlungssensor 36
4.2.3 Stromzähler-Sensor (S0) 36
4.2.4 Relaisausgang 36
4.2.5 Alarm 36
4.2.6 Eigenverbrauch 36
4.3 GSM-Optionskit 36
4.4 RS-485-Kommunikation 37
4.5 Ethernet-Kommunikation 37

5 Technische Daten 38
5.1 Technische Daten 38
5.1.1 Spezifikationen zu den Wechselrichtern 38
5.1.2 Wirkungsgrad 42
5.2 Grenzwerte für die Leistungsreduzierung 42
5.3 Normen und Standards 42
5.4 Installationsbedingungen 43
5.5 Netzsicherungsdaten 43
5.6 Kabelspezifikationen 44
5.7 Drehmomentvorgaben 46
5.8 Netzsicherungsdaten 47
5.9 Technische Daten der Hilfsschnittstelle 47
5.10 RS-485- und Ethernet-Anschlüsse 48

1 Einführung

Das Projektierungshandbuch enthält die für die Planung einer Installation erforderlichen Informationen. Es beschreibt die Anforderungen zur Verwendung von Wechselrichtern der FLX-Serie in Photovoltaikanlagen.

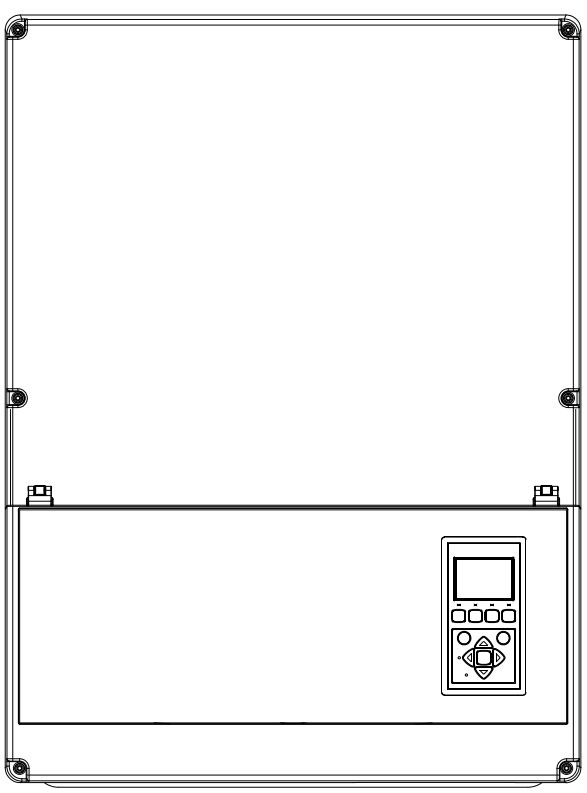


Abbildung 1.1 Wechselrichter der FLX-Serie

Zusätzliche verfügbare Unterlagen

- *Installationsanleitung* – im Lieferumfang des Wechselrichters enthalten, enthält Informationen zur Installation und Inbetriebnahme des Wechselrichters.
- *Benutzerhandbuch* – enthält Informationen zur Überwachung und zum Setup des Wechselrichters über das Display oder die Webschnittstelle.
- *CLX GM Handbuch* – enthält Informationen zu Installation und Einrichtung der Einspeisemanagementfunktionen für FLX Pro-Wechselrichter.
- *CLX Home GM Installationshandbuch* oder *CLX Standard GM Installationshandbuch* – enthält Informationen zu Installation und Einrichtung der Überwachungsfunktion für FLX-Wechselrichter.
- *Installationsanleitung für Sensorschnittstellenoption* – enthält Informationen zu Installation und Inbetriebnahme der Sensoren für die PV-Modultemperatur- und Einstrahlungsüberwachung sowie zur Verwendung des Stromzählereingangs (S0) und des Relaisausgangs.
- *Installationsanleitung für das GSM-Option Kit* – enthält Informationen zur Installation einer GSM-Option sowie zur Einrichtung des Datenuploads und Status- sowie Fehlerbenachrichtigungen vom Wechselrichter.
- *Handbuch für die PLA-Option* – enthält Informationen zu Installation und Einrichtung der PLA-Option für den Anschluss eines Funk-Rundsteuerungs-Empfängers an den Wechselrichter.
- *Installationsanleitung für den Lüfter* – enthält Informationen zum Austausch eines defekten Lüfters.

Diese Dokumente sind im Downloadbereich unter *www.danfoss.com/solar* verfügbar. Sie können Sie auch über den Anbieter des Solar-Wechselrichters beziehen. Weitere anwendungsspezifische Informationen erhalten Sie an gleicher Stelle.

Kapitel	Inhalt
2, 5	Funktionen und technische Daten des Wechselrichters
3	Bei der Planung und Systemauslegung von Photovoltaikanlagen sowie vor der Installation von Solarwechselrichtern zu berücksichtigende Aspekte
4	Optionen

Tabelle 1.1 Inhaltsübersicht

Die Parameter für funktionale Sicherheit und Netzmanagement sind kennwortgeschützt.

1.1 Symbolverzeichnis

Symbol	Erläuterung
Kursivdruck	1) Verweise auf Abschnitte dieses Handbuchs sind in Kursivschrift gedruckt. 2) *Kursivdruck* wird auch zur Kennzeichnung von Betriebsarten verwendet, z. B. der Betriebsart *Anschluss*.
[ ] im Text	1) Zur Angabe eines Navigationspfades im Menü. 2) Ebenso werden Einheiten zwischen eckigen Klammern angegeben (z. B. [kW]).
[x] hochgestellt bei Überschriften	Zeigt die Sicherheitsebene an.
[Anlage]	Auf dieses Menüelement kann auf Anlagenebene zugegriffen werden.
[Gruppe]	Auf dieses Menüelement kann auf Gruppenebene oder höher zugegriffen werden.

Symbol	Erläuterung
[Wechselrichter]	Auf dieses Menüelement kann auf Wechselrichterebene oder höher zugegriffen werden.
→	Schritt in der Menünavigation.
	Hinweis, nützliche Informationen.
	Vorsicht, wichtige Sicherheitshinweise.
# ... #	Name der Anlage, der Gruppe oder des Wechselrichters in E-Mail-Nachricht, z. B. #Anlagenname#.
Menüübersicht	
Symbol	**Erläuterung**
↳	Kennzeichnet ein Untermenü.
[x]	Definiert die aktuelle Sicherheitsebene, wobei x 0, 1, 2 oder 3 sein kann.

Tabelle 1.2 Symbole

1.2 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Beschreibung
cat5e	Kategorie 5 Kabel mit verdrillten Adernpaaren (Twisted-Pair) zur Datenübertragung
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol – ermöglicht die automatische Zuweisung der Netzadresse durch den DHCP-Server
VNB	Verteilnetzbetreiber
DSL	Digital Subscriber Line – digitaler Teilnehmeranschluss
EMV (Richtlinie)	Richtlinie über die elektromagnetische Verträglichkeit
ESD	Elektrostatische Entladung
FRT	Fault Ride Through
GSM	Global System for Mobile Communications (Standard für digitale Mobilfunknetze)
IEC	Internationale Elektrotechnische Kommission – internationale Normungsorganisation
LED	Leuchtdiode
NSR (Richtlinie)	Niederspannungsrichtlinie
MPP	Maximum Power Point (Punkt maximaler Leistung)
MPPT	Maximum Power Point Tracker – ermittelt den Punkt der optimalen PV Leistung
P	P ist das Symbol der Wirkleistung, gemessen in Watt (W)
PCB	Leiterplatte
PCC	Point of Common Coupling – Netzverknüpfungspunkt Der Punkt im öffentlichen Elektrizitätsnetz, an den Kunden angeschlossen sind oder sein könnten.
PE	Schutzerde
PELV	Schutzkleinspannung
PLA	Power Level Adjustment – Begrenzung der Ausgangsleistung
P_{NOM}	Nennwirkleistung
POC	Anschlusspunkt Der Punkt, an dem das PV-System an das öffentliche Versorgungsnetz angeschlossen ist.
P_{STC}	Leistung bei Standardtestbedingungen
PV	Photovoltaik, Photovoltaik-Zellen
RCMU	Residual Current Monitoring Unit – FI-Überwachungsgerät
R_{ISO}	Isolationswiderstand
ROCOF	Rate Of Change Of Frequency – Frequenzänderungsrate
Q	Q ist das Symbol der Blindleistung, gemessen in Volt-Ampere reaktiv [VAr]
S	S ist das Formelzeichen der Scheinleistung und wird in Voltampere [VA] angegeben.
STC	Standard Test Conditions – Standardtestbedingungen
SW	Software
THD	Klirrfaktor
TN-S	Wechselstromnetz mit getrennten Schutz- und Neutralleitern
TN-C	Wechselstromnetz mit kombiniertem Schutz- und Neutralleiter
TN-C-S	Kombiniertes TN-C und TN-S-System: Die Trennung von Schutz- und Neutralleiter erfolgt am Übergangspunkt zwischen Verteilungsnetz und Kundenanlage.
TT	Wechselstromnetz mit Trennung zwischen Betriebserde des Erzeugers und der Erde der Verbraucheranlage

Tabelle 1.3 Abkürzungen

1.3 Softwareversion

Dieses Referenzhandbuch gilt für die Wechselrichter-Softwareversion 2.05 und höher. Die Softwareversion finden Sie über das Display oder die Webschnittstelle (Wechselrichterebene) unter [Status → Wechselrichter → Seriennr. und SW-Ver. → Wechselrichter].

HINWEIS

Die Softwareversion bei Herausgabe des Handbuchs ist 2.05. Informationen zur aktuellen Softwareversion erhalten Sie unter *www.danfoss.com/solar.*

2 Wechselrichterübersicht

2.1 Wechselrichterfunktionen der Serie FLX

- IP65-Gehäuse
- PV-Lasttrennschalter
- Sunclix-Steckverbinder für die PV-Eingänge
- Zugriff über das lokale Display zur Konfiguration und Überwachung des Wechselrichters
- Hilfsdienste. Nähere Informationen unter *2.6 Netzunterstützende Funktionen*.
- Zugriff über die Webschnittstelle zur Konfiguration und Überwachung des Wechselrichters.

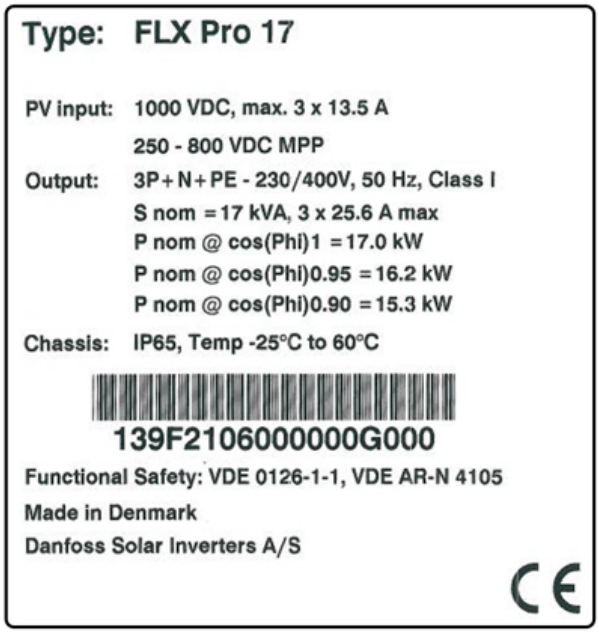
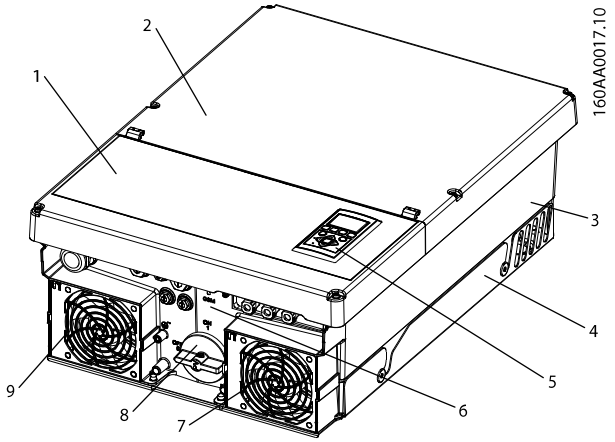

Type: FLX Pro 17
PV input: 1000 VDC, max. 3 x 13.5 A
250 - 800 VDC MPP
Output: 3P+N+PE - 230/400V, 50 Hz, Class I
S nom = 17 kVA, 3 x 25.6 A max
P nom @ cos(Phi)1 = 17.0 kW
P nom @ cos(Phi)0.95 = 16.2 kW
P nom @ cos(Phi)0.90 = 15.3 kW
Chassis: IP65, Temp -25°C to 60°C
139F2106000000G000
Functional Safety: VDE 0126-1-1, VDE AR-N 4105
Made in Denmark
Danfoss Solar Inverters A/S
CE

Abbildung 2.1 Produktetikett

Auf dem Produktetikett an der Seite des Wechselrichters sind folgende Angaben zu finden:

- WR-Typ
- Wichtige technische Daten
- Seriennummer zur Identifizierung des Wechselrichters (unter dem Barcode).

2.2 Mechanischer Überblick über den Wechselrichter



1	Abdeckung für Installationsbereich
2	Frontabdeckung
3	Kühlkörper aus Aluminiumdruckguss
4	Wandhalterung
5	Display
6	Montageposition für optionale GSM-Antenne
7	Lüfter
8	PV-Lastschalter
9	Lüfter

Abbildung 2.2 Mechanischer Überblick über den Wechselrichter

2.3 Wechselrichterbeschreibung

2.3.1 Funktionsüberblick

Vorteile des Wechselrichters der FLX-Serie:

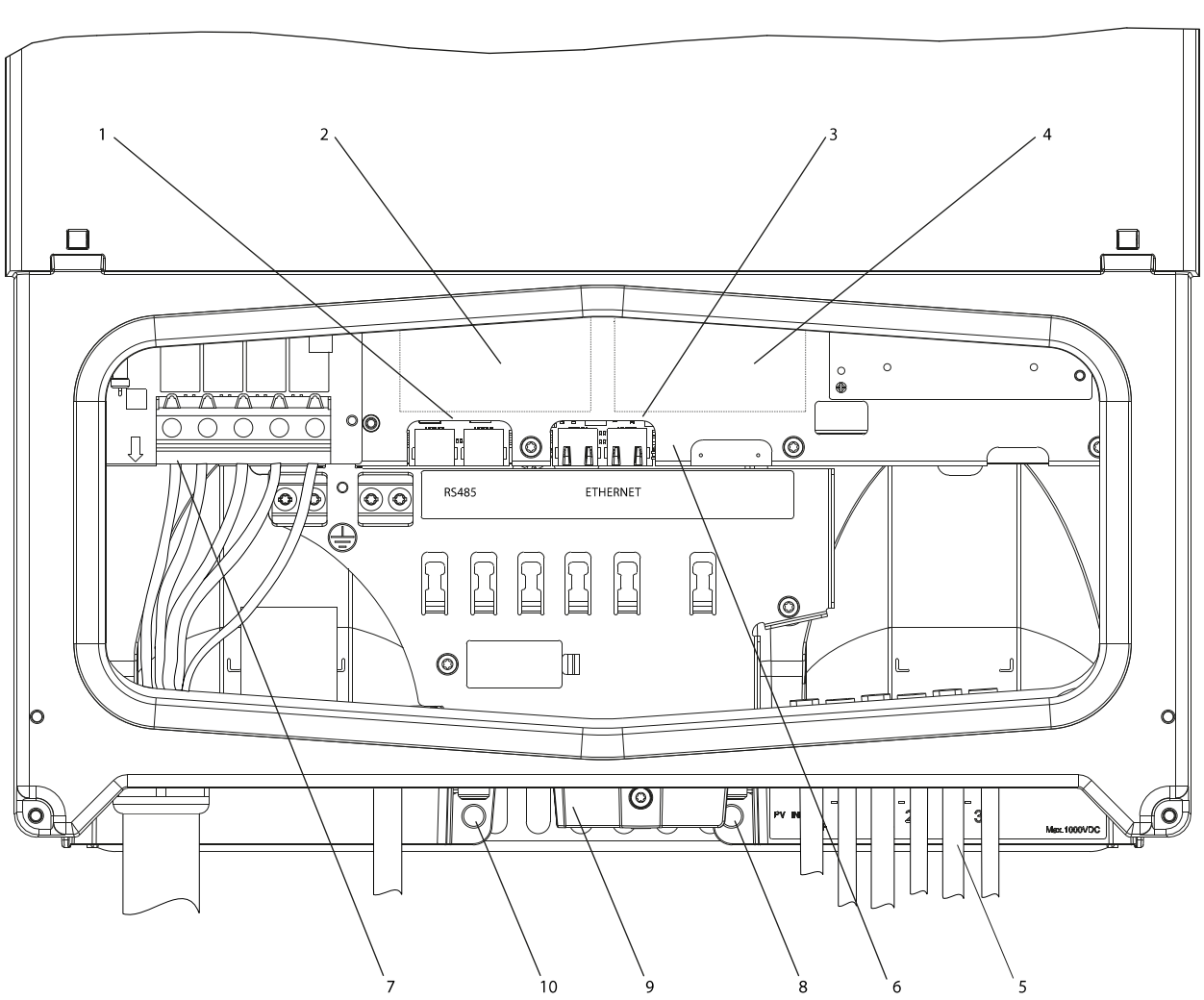
- Transformatorlos
- 3-phasig
- Dreistufige Wechselrichterbrücke mit hoher Leistung
- 2 oder 3 separate PV-Eingänge für maximale Flexibilität
  - Jeder PV-Eingang mit unabhängigem MPP-Tracker
- Integriertes Fehlerstromüberwachungsgerät
- Isolationsprüffunktion
- Integrierter PV-Trennschalter

2

- Erweiterte FRT-Fähigkeit zur Unterstützung einer zuverlässigen Energieerzeugung bei Netzstörungen
- International einsetzbar – erfüllt die Anforderungen vieler nationaler Netze
- Anpassung an örtliche Anforderungen und Gegebenheiten über Grid-Code-Einstellung

Der Wechselrichter hat verschiedene Schnittstellen:

- Benutzerschnittstelle
  - Display
  - Web-Schnittstelle
  - Service-Webschnittstelle
- Kommunikationsschnittstelle
  - RS-485
  - Ethernet
- Sensorschnittstellen-Option
  - Stromzähler-Eingang
  - Einstrahlungssensoreingang
  - Temperaturfühlereingänge: 3 x PT1000
  - Relaisausgang zur Alarmauslösung oder für Eigenverbrauch
- GSM-Option
  - Antenneneingang
  - Steckplatz für SIM-Karte
- PLA-Option
  - 6 Digitaleingänge, z. B. zum Anschluss eines Rundsteuerempfängers, zur Regelung von Wirk- und Blindleistung



PELV (berührungssicher)	
1	RS-485-Schnittstelle
2	Options-Steckplatz A (kann für GSM-Option, Sensorschnittstellen-Option oder PLA-Option verwendet werden)
3	Ethernet-Schnittstelle
4	Options-Steckplatz A (kann für GSM-Option, Sensorschnittstellen-Option oder PLA-Option verwendet werden)
Spannungsführende Bereiche	
5	PV-Anschlussbereich
6	Kommunikationskarte
7	AC-Klemmenleiste
Sonstiges	
8	Position für Sicherheitsschrauben
9	PV-Trennschalter
10	Position für Sicherheitsschrauben

Abbildung 2.3 Überblick über den Installationsbereich

2.3.2 Funktionale Sicherheit

Der Wechselrichter wurde für den internationalen Einsatz entwickelt und verfügt über eine Schaltung für funktionale Sicherheit, die zahlreiche nationale Anforderungen erfüllt (siehe *2.3.4 Internationaler Wechselrichter*).

Einfehler-Störfestigkeit
In den Schaltkreis für die funktionale Sicherheit sind zwei unabhängige Überwachungseinheiten integriert. Diese steuern jeweils einen Satz Netztrennrelais und garantieren so die „Einfehler-Störfestigkeit". Um einen sicheren Betrieb sicherzustellen, werden sämtliche funktionalen Sicherheitskreise bei der Inbetriebnahme überprüft. Wenn ein Schaltkreis im Rahmen des Selbsttests mehr als einmal bei drei Versuchen eine Störung aufweist, schaltet der Wechselrichter in die Betriebsart „Ausfallsicher". Wenn die im normalen Betrieb gemessenen Netzspannungen, Netzfrequenzen oder Fehlerströme in den beiden unabhängigen Schaltkreisen zu stark voneinander abweichen, unterbricht der Wechselrichter die Netzspeisung und wiederholt den Selbsttest. Die Schaltkreise für die funktionale Sicherheit sind dauerhaft aktiviert. Eine Deaktivierung ist nicht möglich.

Netzüberwachung
Wenn der Wechselrichter in das Netz einspeist, werden folgende Netzparameter permanent überwacht:

- Amplitude der Netzspannung (Momentanwert und 10-Minuten-Mittel)
- Netzspannung und -frequenz
- Drehstromnetzverlusterkennung
- Frequenzänderungsrate (ROCOF)
- Gleichstromanteil des Netzstroms
- Fehlerstromüberwachungseinheit (RCMU)
- Aktive Frequenzverschiebung

Wenn einer dieser Parameter gegen die Grenzwerte der gewählten Ländereinstellungen verstößt, unterbricht der Wechselrichter die Netzspeisung.

Selbsttest
Der Isolationswiderstand zwischen den PV-Arrays und Erde wird im Rahmen des Selbsttests ebenfalls überprüft. Bei zu niedrigem Widerstand speist der Wechselrichter nicht in das Netz ein. Nach 10 Minuten beginnt der Wechselrichter selbstständig mit einem neuem Einspeiseversuch.

2.3.3 Betriebsarten

Der Wechselrichter hat vier Betriebsarten, die durch LEDs angezeigt werden.

Vom Netz (LEDs aus)
Wenn das AC-Netz länger als 10 Minuten nicht mit Energie versorgt wurde, trennt sich der Wechselrichter selbstständig vom Netz und schaltet sich ab. „Vom Netz getrennt – Bereitschaftsmodus" ist standardmäßig als Nachtbetrieb eingestellt.

- **Vom Netz getrennt – Bereitschaftsmodus** (LEDs aus)
  Der Wechselrichter ist vom Netz getrennt. Die Benutzer- und Kommunikationsschnittstellen werden zu Kommunikationszwecken weiter mit Strom versorgt.

Anschlussmodus (Grüne LED blinkt)
Der Wechselrichter läuft an, wenn die PV-Eingangsspannung 250 V erreicht. Er führt eine Reihe interner Selbsttests durch, darunter die automatische PV-Erkennung und die Messung des Widerstands zwischen PV-Arrays und Erde. In der Zwischenzeit werden auch die Netzparameter überwacht. Wenn die Netzparameter während des erforderlichen Zeitraums innerhalb der Spezifikationen liegen (abhängig vom Grid Code), beginnt der Wechselrichter mit der Einspeisung in das Stromnetz.

Am Netz (Grüne LED leuchtet)
Der Wechselrichter ist an das Netz angeschlossen und versorgt es mit Strom. Der Wechselrichter trennt sich in folgenden Fällen vom Netz:

- Der Wechselrichter erkennt abnormale Netzbedingungen (abhängig vom Grid Code).
- Ein internes Ereignis tritt auf.
- Es steht nicht genug PV-Leistung zur Verfügung (keine Leistungseinspeisung in das Netz für zehn Minuten).

In diesem Fall wechselt der Wechselrichter in den Anschlussmodus oder in die Betriebsart „Vom Netz getrennt".

Ausfallsicher (Rote LED blinkt)
Wenn der Wechselrichter beim Selbsttest (in der Betriebsart Anschlussmodus) oder während des Betriebs einen Schaltkreisfehler feststellt, schaltet er in die Betriebsart „Ausfallsicher" und wird vom Netz getrennt. Der Wechselrichter verbleibt in der Betriebsart „Ausfallsicher", bis die PV-Leistung zehn Minuten lang ausbleibt oder der Wechselrichter vollständig abgeschaltet wird (AC+PV).

2.3.4 Internationaler Wechselrichter

Der Wechselrichter ist zur Erfüllung nationaler Anforderungen mit verschiedenen Grid-Codes ausgestattet.
Vor dem Netzanschluss eines Wechselrichters ist immer die Genehmigung des örtlichen VNB einzuholen.

Zur anfänglichen Auswahl des Grid-Codes siehe die FLX-*Installationsanleitung*.

Einstellungen zur Verbesserung der Netzqualität
Weitere Informationen finden Sie unter *2.6 Netzunterstützende Funktionen*.

Einstellungen für funktionale Sicherheit

- Die Zyklus-Effektivwerte der Netzspannung werden mit zwei unteren und zwei oberen Abschalteinstellungen z. B. Überspannung (Stufe 1) abgeglichen. Wenn die Effektivwerte über die „Freigabezeit" hinaus nicht die Grenzwerte der Abschalteinstellungen einhalten, unterbrechen die Wechselrichter die Netzeinspeisung.
- Ein Netzausfall wird durch zwei verschiedene Algorithmen erkannt:
    1. Dreiphasenspannungsüberwachung (der Wechselrichter kontrolliert die Ströme der drei Phasen einzeln pro Phase). Die Zyklus-Effektivwerte der Außenleiternetzspannungen werden mit einer unteren oder einer oberen Abschalteinstellung verglichen. Wenn die Effektivwerte über die „Freigabezeit" hinaus nicht die Grenzwerte der Abschalteinstellungen einhalten, unterbrechen die Wechselrichter die Netzeinspeisung.
    2. Frequenzänderungsrate (ROCOF). Auch die ROCOF-Werte (positiv oder negativ) werden mit den Abschalteinstellungen verglichen. Wenn die Grenzwerte nicht eingehalten werden, unterbricht der Wechselrichter ebenfalls die Netzeinspeisung.
- Der Fehlerstrom wird überwacht. In folgenden Fällen unterbricht der Wechselrichter die Netzeinspeisung:
    - wenn der Zyklus-Effektivwert des Fehlerstroms über die „Freigabezeit" hinaus nicht den Grenzwert, definiert in den Abschalteinstellungen, einhält oder
    - wenn ein plötzlicher Anstieg des Gleichstromanteils im Fehlerstrom gemessen wird.
- Der Isolationswiderstand zwischen Erde und PV wird bei jeder Inbetriebnahme des Wechselrichters gemessen. Bei einem zu niedrigen Wert wartet der Wechselrichter 10 Minuten und versucht dann erneut, in das Netz einzuspeisen.
  Hinweis: Je nach lokal notwendigen Netzanschlussbedingungen wird ein Mindestisolationswiderstand zwischen Erde und PV vorgegeben. Der vorgegebene Wert wird um 20 % im Bereich von 100 kΩ bis 1 MΩ und um 40 % im Bereich von 20 kΩ bis 100 kΩ erhöht, um Messungenauigkeiten auszugleichen. Ein Grenzwert von 200 kΩ wird beispielsweise um 40 kΩ erhöht, der verwendete Grenzwert liegt daher bei 240 kΩ.

Wenn der Wechselrichter aufgrund der Netzfrequenz oder Netzspannung (nicht aufgrund eines Ausfalls bedingt durch Phasenunsymmetrien) die Netzeinspeisung unterbricht und Frequenz oder Spannung innerhalb kurzer Zeit (Kurzunterbrechungszeit) wiederhergestellt werden, kann der Wechselrichter den Netzanschluss wiederherstellen, wenn die Netzparameter während des vorgegebenen Zeitraums (Wiederanschlusszeit) innerhalb der Grenzwerte lagen. Andernfalls führt der Wechselrichter wieder die normale Anschlusssequenz aus.

2.3.5 Leistungsreduzierung

Durch eine Reduzierung der Ausgangsleistung kann der Wechselrichter vor Überlast und möglichen Störungen geschützt werden. Außerdem kann die Leistungsreduzierung aktiviert werden, um das Netz durch eine Senkung oder Begrenzung der Wechselrichter-Ausgangsleistung zu unterstützen. Durch folgende Ereignisse wird die Leistungsreduzierung aktiviert:

1. zu hoher PV-Strom
2. Interne Übertemperatur
3. Zu niedrige Netzspannung
4. Zu hohe Netzfrequenz[1)]
5. Externer Befehl (PLA-Funktion)[1)]

[1)] Siehe *2.6 Netzunterstützende Funktionen*.

Die Leistungsreduzierung wird durch eine Anpassung der PV-Spannung und einen anschließenden Betrieb außerhalb des Maximum Power Points der PV-Arrays erreicht. Der Wechselrichter setzt die Leistungsreduzierung fort, bis der potenzielle Überlastzustand nicht mehr vorliegt oder das PLA-Niveau erreicht wird. Eine Leistungsreduzierung aufgrund zu hoher Temperatur im Wechselrichter wird durch eine überdimensionierte PV verursacht. Eine Leistungsreduzierung aufgrund des Netzstroms, der Netzspannung oder der Netzfrequenz deutet hingegen auf Probleme im Netz hin.
Siehe *2.6 Netzunterstützende Funktionen* für nähere Informationen.

Bei einer temperaturbedingten Leistungsreduzierung kann die Ausgangsleistung schwanken.

2

1. Zu hoher PV-Strom

Für diesen Wechselrichter beträgt der maximale PV-Strom pro MPPT 12 A. Ab einem PV-Strom von 12,3 A reduziert der Wechselrichter die Eingangsleistung. Über 13 A wird der Wechselrichter automatisch abgeschaltet.

2. Interne Übertemperatur

Eine temperaturbedingte Leistungsreduzierung weist auf eine zu hohe Umgebungstemperatur, einen verschmutzten Kühlkörper, einen blockierten Lüfter oder ähnliches hin. Informationen zur Wartung finden Sie in der FLX-*Installationsanleitung*.

Die Werte in den nachstehenden Diagrammen sind unter Nennbedingungen cos(φ) = 1 gemessen.

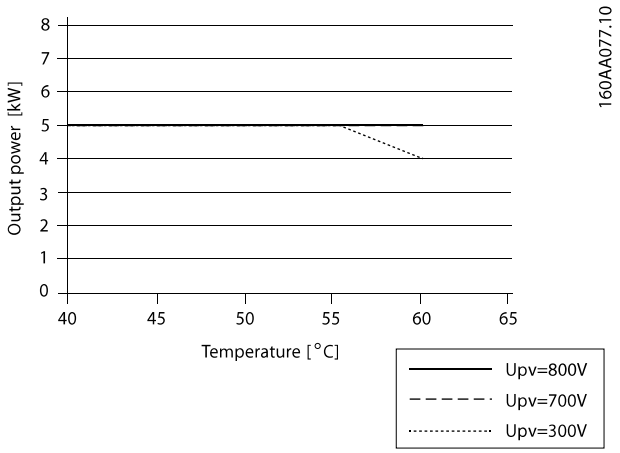


Abbildung 2.4 Temperaturbedingte Leistungsreduzierung, FLX 5

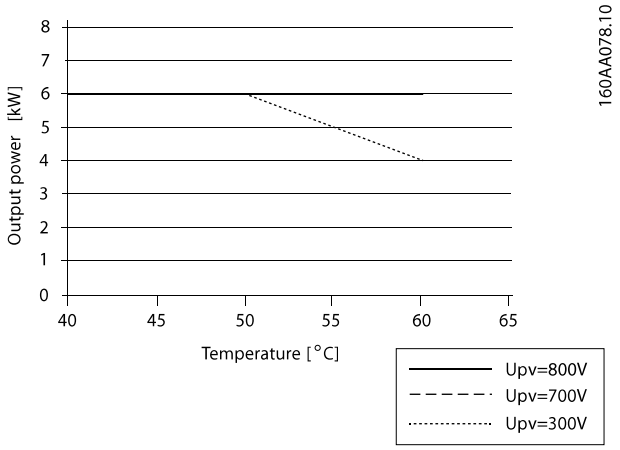


Abbildung 2.5 Temperaturbedingte Leistungsreduzierung, FLX 6

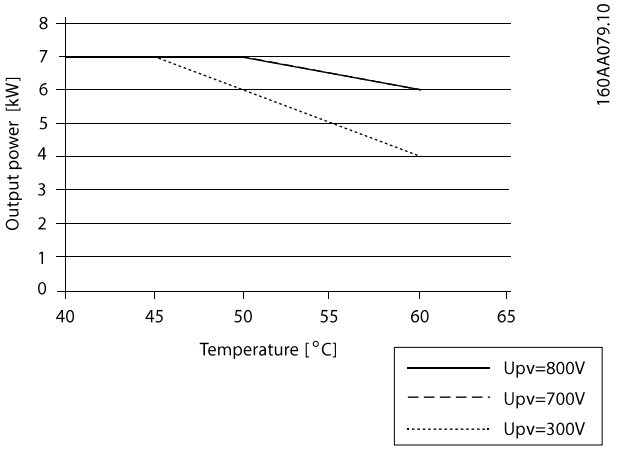


Abbildung 2.6 Temperaturbedingte Leistungsreduzierung, FLX 7

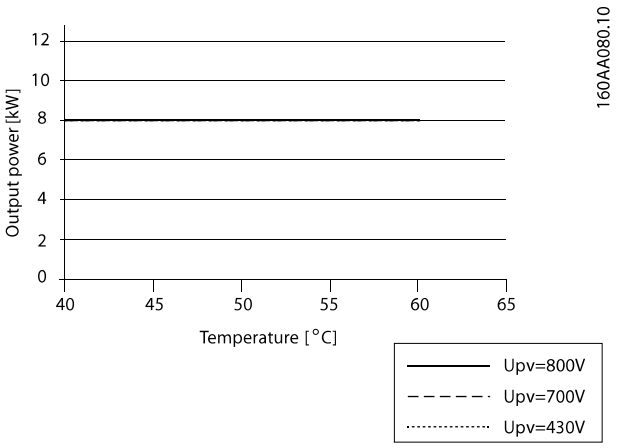


Abbildung 2.7 Temperaturbedingte Leistungsreduzierung, FLX 8

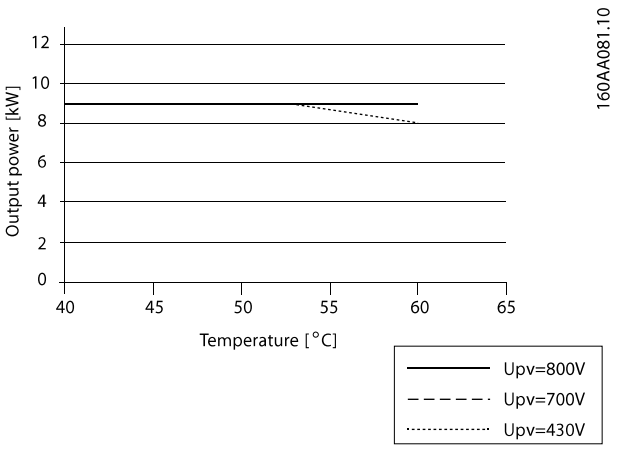


Abbildung 2.8 Temperaturbedingte Leistungsreduzierung, FLX 9

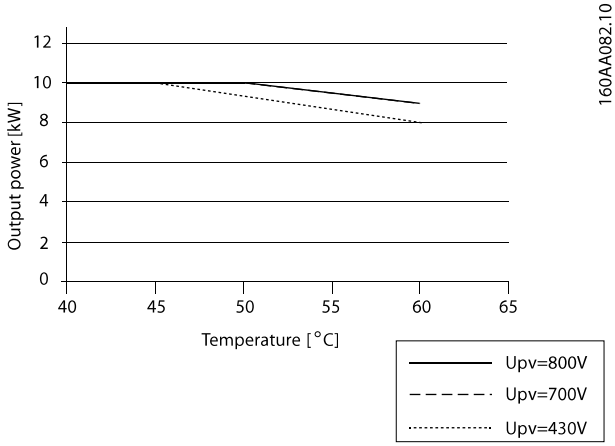


Abbildung 2.9 Temperaturbedingte Leistungsreduzierung, FLX 10

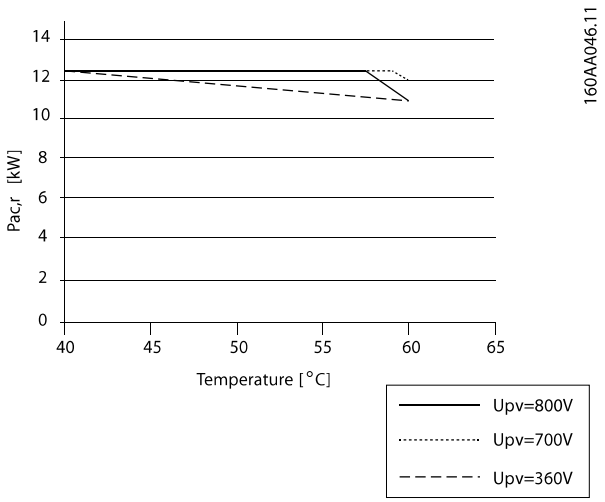


Abbildung 2.10 Temperaturbedingte Leistungsreduzierung, FLX 12.5

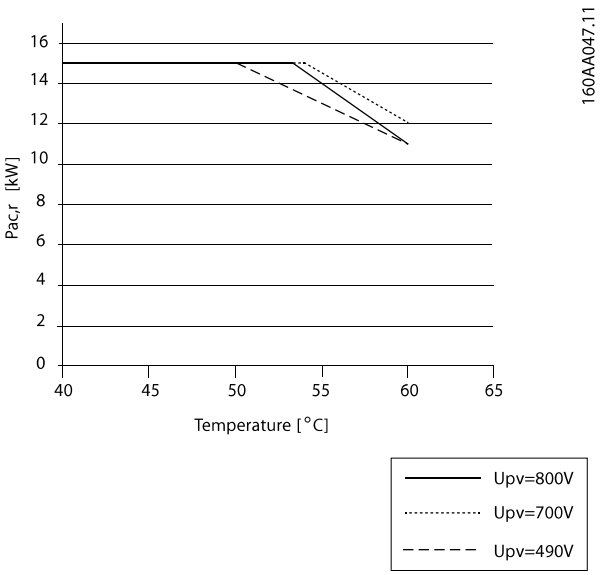


Abbildung 2.11 Temperaturbedingte Leistungsreduzierung, FLX 15

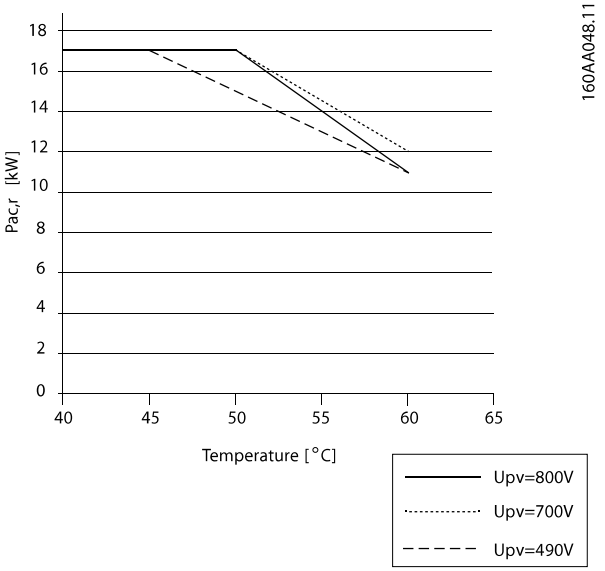
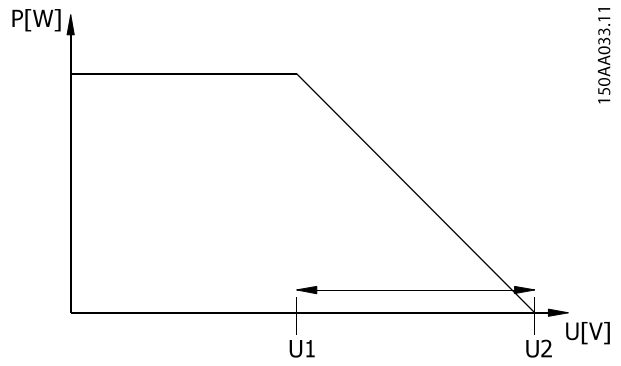


Abbildung 2.12 Temperaturbedingte Leistungsreduzierung, FLX 17

3. Netz-Überspannung

Überschreitet die Netzspannung den vom Verteilnetzbetreiber definierten Grenzwert *U1*, drosselt der Wechselrichter die Ausgangsleistung. Bei einer Überschreitung des vordefinierten Netzspannungs-Grenzwerts *10-Min.Mittel (U2)* unterbricht der Wechselrichter die Netzeinspeisung, um die Netzqualität aufrecht zu erhalten und andere an das Netz angeschlossene Geräte zu schützen.

2



U1	Fest
U2	Abschaltgrenze

Abbildung 2.13 Netzspannung über Grenzwert, festgelegt vom VNB

Bei einer Netzspannung unterhalb der Nennspannung (230 V) reduziert der Wechselrichter die Ausgangsleistung, um den aktuellen Grenzwert nicht zu überschreiten.

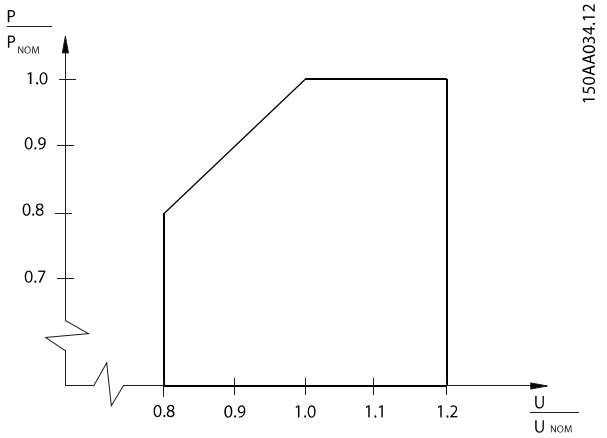


Abbildung 2.14 Netzspannung unter U_{nom}

2.3.6 MPPT

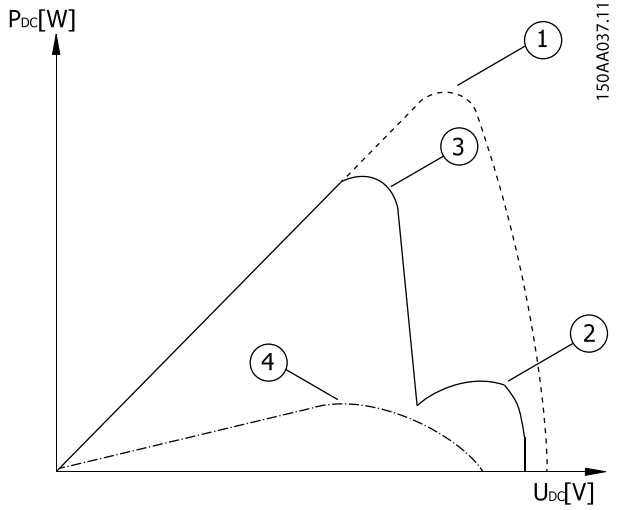
Bei dem Maximum Power Point Tracker (MPPT) handelt es sich um einen Algorithmus, mit dem laufend eine Maximierung der Ausgangsleistung des PV-Arrays angestrebt wird. Der Algorithmus passt die PV-Spannung schnell genug an, um Änderungen der Solar-Bestrahlungsstärke zu folgen.

Diagramm ausstehend. Erst zur Drucklegung des Handbuchs verfügbar.

2.3.7 Ertragssteigernde Funktionen

2.3.7.1 PV-Sweep

Die charakteristische Leistungskurve eines PV-Strings ist nicht-linear, und in Situationen, in denen PV-Module teilweise im Schatten liegen, zum Beispiel aufgrund eines Baums oder Schornsteins, kann die Kurve mehr als einen lokalen Maximum Power Point (lokaler MPP) haben. Nur einer dieser Punkte bringt die maximale Leistung aller an diesen MPPT angeschlossenen PV-Module (globaler MPP). Mithilfe des PV Sweep lokalisiert der Wechselrichter den globalen MPP anstelle des lokalen MPP. Der Wechselrichter behält die Produktion anschließend am optimalen Punkt, dem globalen MPP, bei.



1	Vollständig bestrahlte PV-Paneele – globaler MPP
2	Teilweise verschattete PV-Paneele – lokaler MPP
3	Teilweise verschattete PV-Paneele – globaler MPP
4	Bei Bewölkung – globaler MPP

Abbildung 2.15 Wechselrichterausgang, Leistung (W) versus Spannung (V)

Die PV Sweep-Funktionalität umfasst zwei Optionen zum Scannen der gesamten Kurve:

- Standard Sweep – regelmäßige Analyse des MPP-Bereichs in vorprogrammierten Zeit-Intervallen
- Erweiterter Sweep – Analyse des MPP-Bereichs für einen bestimmten Zeitraum mit benutzerdefinierten Zeit-Intervallen

Standard Sweep
Mithilfe des Standard Sweep kann der Ertrag bei permanenter Verschattung der PV-Module optimiert werden. Die Kurve wird dann in den festgelegten Intervallen gescannt, sodass die Energieerzeugung auf dem globalen MPP verbleibt.

Erweiterter Sweep
Bei dem erweiterten PV-Sweep handelt es sich um einen Standard PV-Sweep mit erweiterter Funktionalität. Der FLX-Serie Wechselrichter kann zur Durchführung eines PV-Sweep für einen bestimmten Zeitraum mit benutzerdefiniertem Intervall programmiert werden. Dies ist relevant, wenn ein Verschattungszeitraum der PV-Module (durch Festobjekte wie Bäume oder Schornsteine) bekannt ist. Die Sweep-Funktionalität wird zur Reduzierung weiterer Ertragsverluste nur für einen bestimmten Zeitraum aktiviert. Es können drei verschiedene Sweep-Intervalle gewählt werden.

2.3.7.2 Adaptive Verbrauchskompensation (ACC)

Die Adaptive Verbrauchskompensation optimiert den Anlagenertrag unter Beachtung der Anforderungen durch den Verteilnetzbetreiber. Die Ausgangsleistung der Wechselrichter wird als Funktion des momentanen Eigenverbrauchs und der durch den VNB am PCC vorgegebenen Leistungsgrenze, z. B. bei einem Grenzwert von 70 % der installierten PV-Leistung, geregelt. Im Fall eines mit einem Stromzähler gemessenen Eigenverbrauchs, wird die Ausgangsleistung des Wechselrichters für den Zeitraum des erhöhten Eigenverbrauchs erhöht.
Ab Werk enthält der FLX Pro kein Sensormodul mit S0-Eingang, wie die ACC-Funktion es benötigt.
Das Sensormodul kann separat erworben und im Wechselrichter installiert werden, siehe „Options-Steckplatz“.

Diese Funktion kann aktiviert oder deaktiviert werden und der S0-Eingang kann mit der Anzahl der Impulse/kWh konfiguriert werden.

Diese Funktion kann in Verbindung mit DPD verwendet werden.

2.3.7.3 Dynamische Leistungsverteilung (DPD)

Bei Installationen mit mehr als einem Wechselrichter und mit anderer Ausrichtung der Paneele gewährleistet DPD, dass die Gesamt-Ausgangsleistung am PCC auch unter Netzverwaltungsbedingungen am Maximalwert gehalten wird (EEG2012 feste Grenzwerte und PLA). Ist ein Abschnitt verschattet, hat der Wechselrichter mit voller Produktivität das Lastpotenzial. Der Wechselrichter muss nicht auf beispielsweise 70 % reduziert werden, da die Ausgangsleistung der Anlage (am PCC) bereits aufgrund des verschatteten Abschnitts reduziert ist. Schließlich kann mit dieser Funktion der Ertrag durch Optimierung der Ausgangsleistung bei gleichzeitiger Einhaltung der Restriktionen des VNB gesteigert werden.

Diese Funktion kann aktiviert und deaktiviert werden.

Diese Funktion kann in Verbindung mit ACC und für bis zu 10 Wechselrichter verwendet werden.

2.3.8 Interner Überspannungsschutz

PV-Überspannungsschutz
Der PV-Überspannungsschutz ist eine Funktion, die den Wechselrichter aktiv vor Überspannung schützt. Diese Funktion ist unabhängig vom Netzanschluss und ist bei voller Funktionstüchtigkeit immer aktiv.
Bei normalem Betrieb liegt die MPP-Spannung im Bereich zwischen 250 und 800 V, und der PV-Überspannungsschutz ist inaktiv. Bei einer Trennung des Wechselrichters vom Netz befindet sich die PV-Spannung in einem Leerlaufzustand (kein MPP-Tracking). Unter diesen Gegebenheiten kann die Spannung bei starker Bestrahlung und niedriger Modultemperatur 900 V überschreiten und den Wechselrichter möglicherweise überlasten. An diesem Punkt wird der Überspannungsschutz aktiviert.
Wenn der PV-Überspannungsschutz aktiviert wird, wird die Eingangsspannung gewissermaßen kurzgeschlossen (Reduzierung auf ca. 5 V), sodass gerade genug Leistung für die Versorgung der internen Schaltkreise verfügbar ist. Die Reduzierung der Eingangsspannung erfolgt innerhalb 1,0 ms.
Wenn der normale Netzzustand wieder hergestellt ist, beendet der Wechselrichter den PV-Überspannungsschutz und versorgt den MPP mit einer Spannung im Bereich von 250 bis 800 V.

Zwischenüberspannungsschutz
Während der Inbetriebnahme (bevor der Wechselrichter ans Netz angeschlossen wird) und während der PV im Zwischenkreis lädt, kann der Überspannungsschutz aktiviert werden, um Überspannung im Zwischenkreis zu verhindern.

2.4 Einstellungen für funktionale Sicherheit

Der Wechselrichter ist für den internationalen Gebrauch ausgelegt und erfüllt zahlreiche Anforderungen bezüglich funktionaler Sicherheit und Netzverhalten. Die Parameter für funktionale Sicherheit sowie einige Grid Code-Parameter sind vordefiniert und bedürfen während der Installation keiner Änderungen. Einige Grid Code-Parameter müssen während der Installation jedoch geändert werden, um eine Optimierung des lokalen Netzes zu ermöglichen.

Um diese Anforderungen zu erfüllen, ist der Wechselrichter mit voreingestellten Grid Codes ausgestattet, die Standardeinstellungen beinhalten. Da eine Änderung von Parametern zu einem Verstoß gegen gesetzliche Anforderungen führen, das Netz negativ beeinträchtigen und den Ertrag des Wechselrichters reduzieren kann, sind alle Änderungen kennwortgeschützt.

Je nach Parametertyp sind einige Änderungen auf werkseitige Änderungen beschränkt. Parameter zur Optimierung des lokalen Netzes dürfen von Installateuren geändert werden. Bei einer Änderung von Parametern wird der Grid Code automatisch auf „Custom“ umgestellt.

2

Für jede Änderung des Grid-Codes – entweder direkt oder über Änderungen anderer funktionaler Sicherheitseinstellungen – ist das unten beschriebene Verfahren zu befolgen. Weitere Informationen finden Sie unter *2.3.4 Internationaler Wechselrichter*.

Verfahren für PV-Anlagenbetreiber

1. Die gewünschte Grid-Code-Einstellung festlegen. Die für die Änderung des Grid-Codes verantwortliche Person übernimmt die volle Verantwortung für eventuell auftretende Probleme.
2. Den autorisierten Techniker mit der Änderung der Einstellung beauftragen.

Verfahren für den autorisierten Techniker

1. Bei der Service-Hotline ein Kennwort der Sicherheitsstufe 2 (24 Stunden gültig) und einen Benutzernamen anfordern.
2. Die Grid-Code-Einstellung ist über den Web-Schnittstelle oder das Display zugänglich und änderbar.
3. Das Formular „Änderung der Einstellungen für die funktionale Sicherheit" muss ausgefüllt und unterzeichnet werden.
    - Für den Zugriff über den Webserver
        - Es muss ein Bericht über die Einstellungen erstellt werden.
        - Füllen Sie das von der Web-Schnittstelle erstellte Formular am PC aus.
4. Folgendes an den VNB senden:
    - Das ausgefüllte und unterzeichnete Formular „Änderung der Einstellungen für die funktionale Sicherheit".
    - Kopie der schriftliche Anforderung seitens des PV-Anlagenbetreibers.

2.5 Benutzerschnittstellen

Die Benutzerschnittstelle besteht aus folgenden Elementen:

- Lokales Display – ermöglicht eine manuelle Einrichtung des Wechselrichters.
- Web-Schnittstelle – ermöglicht Zugriff auf mehrere Wechselrichter per Ethernet.

Zugriffs- und Menüinformationen finden Sie im FLX-*Benutzerhandbuch*.

2.5.1 Sicherheitsebene

Drei vordefinierte Sicherheitsebenen begrenzen den Benutzerzugriff auf Menüs und Optionen.

Sicherheitsebenen:

- Ebene [0]: Allgemeiner Zugriff. Kein Passwort erforderlich.
- Ebene [1]: Installateur oder Servicetechniker. Passwort für Zugriff erforderlich.
- Ebene [2]: Installateur oder Servicetechniker. Passwort für erweiterten Zugriff erforderlich.

Im Handbuch wird durch eine [0], [1] oder [2] hinter dem Menüelement auf die Sicherheitsebene hingewiesen, die für den Zugriff mindestens erforderlich ist.

Wenn Sie sich über die Web-Schnittstelle als „Admin" anmelden, erfolgt der Zugriff über Sicherheitsebene [0].

Zugriff auf die Ebenen [1] und [2] erfordert eine Service-Anmeldung, die aus einer Benutzer-ID und einem Passwort besteht.

- Die Service-Anmeldung bietet direkten Zugriff auf eine bestimmte Sicherheitsebene für die Dauer von einem Tag.
- Rufen Sie die Service-Anmeldung ab unter Danfoss.
- Über das Display oder die Web-Schnittstelle die Anmeldedaten in das Anmeldedialogfeld eingeben.
- Wenn der Service-Vorgang abgeschlossen ist, melden Sie sich ab unter [Setup → Sicherheit].
- Der Wechselrichter meldet den Benutzer automatisch ab, wenn zehn Minuten lang keine Aktivität erfolgt.

Die Sicherheitsebenen auf dem Display und der Web-Schnittstelle sind ähnlich.
In einer Sicherheitsebene wird Zugriff auf sämtliche Menüelemente dieser Ebene sowie untergeordneter Sicherheitsebenen gewährt.

HINWEIS

Das Display wird spätestens 10 Sekunden nach dem Einschalten aktiviert.

Der Benutzer hat über das integrierte Display auf der Vorderseite des Wechselrichters Zugang zu Informationen über das PV-System und den Wechselrichter.

Das Display hat zwei Betriebsarten:

1. **Normal:** Das Display ist in Gebrauch.
2. **Energieeinsparmodus:** Nach zehn Minuten ohne Displayaktivität schaltet sich die Hintergrundbeleuchtung des Displays aus, um Energie zu sparen. Durch Drücken einer beliebigen Taste wird es wieder aktiviert.

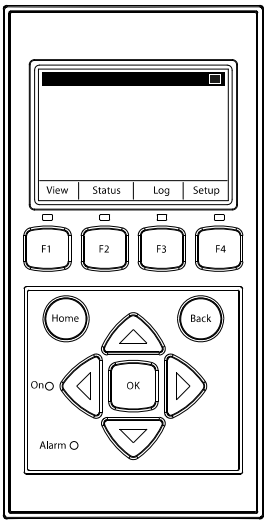


Abbildung 2.16 Übersicht der Displaytasten und -funktionen

Taste	Funktion	LED
F1	Ansicht 1 / Ansicht 2 – Bildschirm	Bei Betätigung der Tasten F1-F4 leuchtet die LED über der entsprechenden Taste auf.
F2	Menü Status	
F3	Menü Ertragsübersicht	
F4	Menü Setup	
Home	Zurück zum Bildschirm „Ansicht“	
OK	Eingabe/Auswahl	
Pfeil nach oben	Schritt nach oben/ Wert erhöhen	
Pfeil nach unten	Schritt nach unten/ Wert vermindern	
Pfeil nach rechts	Bewegt den Cursor nach rechts	
Pfeil nach links	Bewegt den Cursor nach links.	
Back	Zurück/Auswahl aufheben	
On – Grüne LED		Leuchtet/blinkt = Am Netz/ Anschlussmodus
Alarm – Rote LED		Blinkt = Ausfallsicher
	Das Gerät ist als Master-Wechselrichter konfiguriert. Dieses Symbol wird oben rechts angezeigt.	
	Bei dem Wechselrichter handelt es sich um einen Follower, der an einen Master angeschlossen ist. Dieses Symbol wird oben rechts angezeigt.	

Tabelle 2.1 Übersicht der Displaytasten und -funktionen

HINWEIS

Das Kontrastniveau des Displays kann bei gedrückter F1-Taste durch Drücken der Pfeil-nach-oben-/Pfeil-nach-unten-Taste geändert werden.

Die Menüstruktur ist in vier Hauptbereiche unterteilt:

1. **Ansicht**: Eine kurze Liste mit Informationen (ausschließlich Lesezugriff).
2. **Status**: Zeigt Werte der Wechselrichterparameter an (ausschließlich Lesezugriff).
3. **Log**: Zeigt protokollierte Daten an.
4. **Setup**: Zeigt konfigurierbare Parameter an (Lese- und Schreibzugriff).

Die folgenden Abschnitte enthalten ausführlichere Informationen.

2.5.2 Webschnittstelle

Zum Einrichten und für ausführlichere Informationen ist das FLX-*Benutzerhandbuch* zu konsultieren.
Die FLX-Serie verfügt über einen integrierten Datenlogger und eine Webschnittstelle. Bis zu 100 Wechselrichter können in einem Master-/Follower-Netzwerk zusammenarbeiten. Der Master lässt sich über Ethernet an einen PC oder an einen Router anschließen. Der Zugriff auf die Webschnittstelle erfolgt über einen Web-Browser (Microsoft Internet Explorer, Mozilla Firefox oder Google Chrome).

2

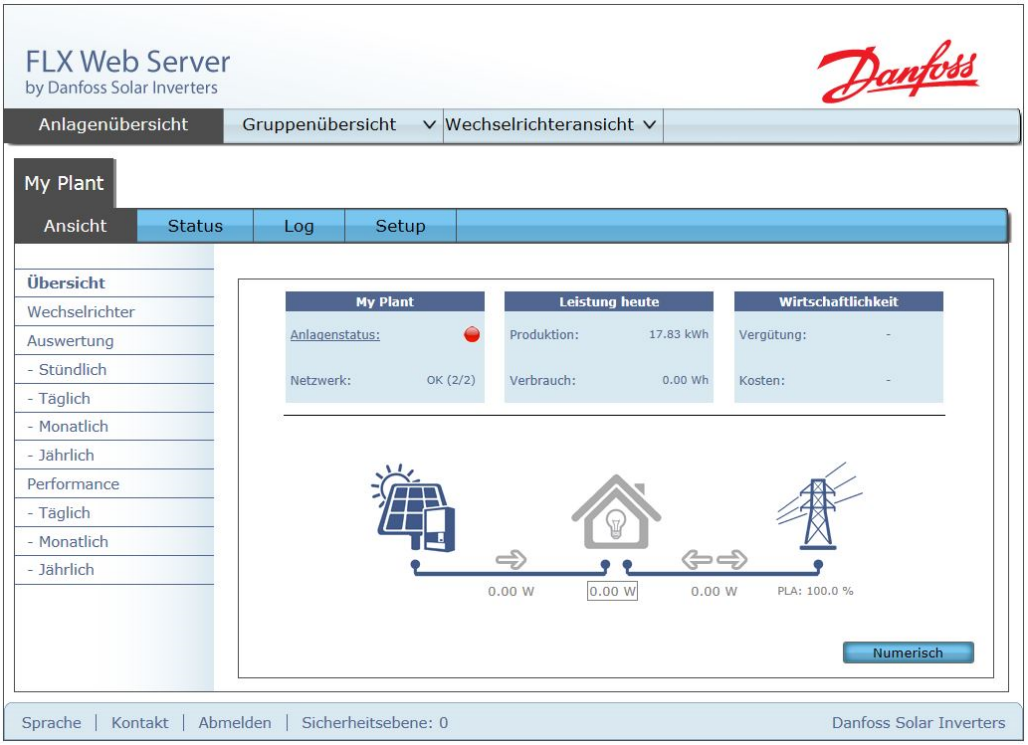


Abbildung 2.17 Übersicht

Überwachung und Konfiguration sind auf der Anlagen- bis hinunter zur Wechselrichterebene möglich. So erhalten Sie beispielsweise Informationen zu:

- Energieerzeugung
- Ertrag
- CO_2-Einsparungen
- Performance
- Statusübersicht
- Anlagenprotokolle

Weitere Inbetriebnahmen einzelner oder mehrerer Wechselrichter sind möglich. Der Konfigurationsassistent konfiguriert alle im Netzwerk erkannten Wechselrichter. Die Einstellungen des Master-Wechselrichters lassen sich auf einen oder mehrere Wechselrichter im Netzwerk kopieren.

- Anlagenebene: Der Master-Wechselrichter erfasst Daten der Follower-Wechselrichter in einem Master-/Follower-Netzwerk und zeigt die akkumulierten Daten an.
- Gruppenebene: Wechselrichter lassen sich in Gruppen zusammenfassen, wobei mindestens eine Gruppe angelegt werden muss. Auf dieser Ebene erhält man einen Überblick über Produktion und Performance.
- Wechselrichterebene: Die Übersicht über Produktion und Performance, die Protokolle und das Setup lassen sich für einen einzelnen Wechselrichter anzeigen.

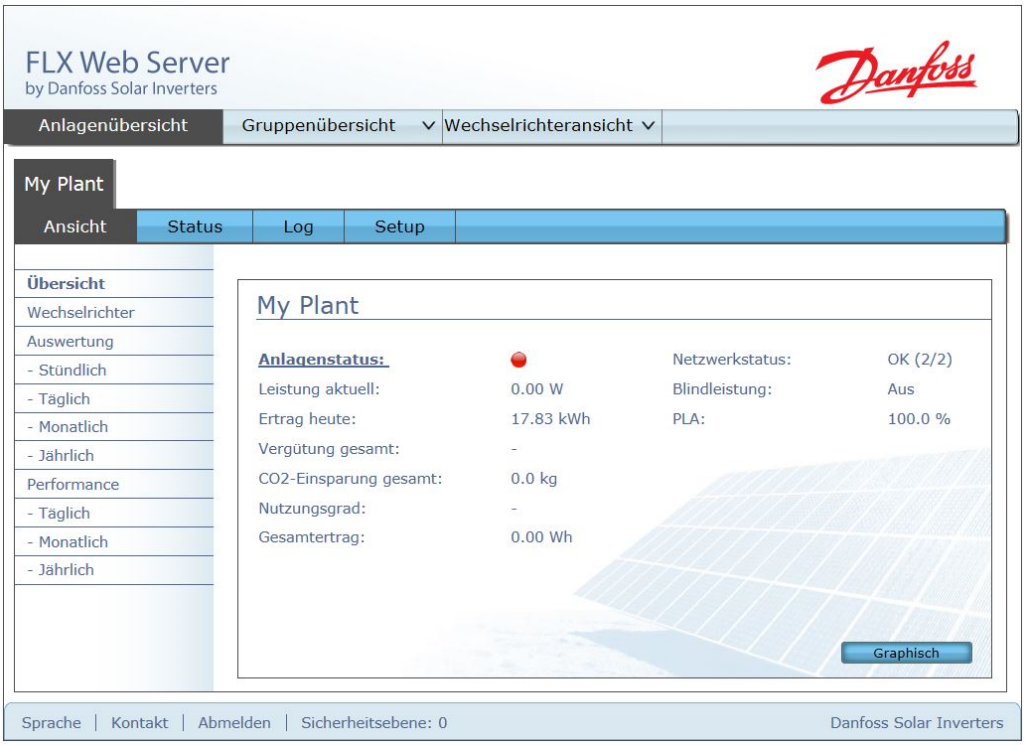


Abbildung 2.18 Gesamtanlagenstatus

2.6 Netzunterstützende Funktionen

Als Hilfsdienste werden alle Wechselrichterfunktionen bezeichnet, die den Stromtransport in Netzen unterstützen und zur Netzstabilität beitragen. Die für ein vorliegendes PV-System erforderlichen Hilfsdienste werden durch den Netzübergabepunkt (Point of Common Coupling, PCC) und den Netztyp festgelegt, an den das System angeschlossen ist. Der PCC ist die Stelle, an der das PV-System an das öffentliche Versorgungsnetz angeschlossen wird.

Bei Hausinstallationen (in privaten Anwendungen) sind sonstige Verbraucher/Erzeuger und Solar-Wechselrichter in der Regel an einem gemeinsamen Punkt ans Netz angeschlossen. Die Installation wird Teil des Niederspannungsverteilungsnetzes (NSN). Gewerbliche Installationen sind üblicherweise größer und werden daher an das Mittelspannungsnetz (MS) angeschlossen. Große gewerbliche Anlagen wie Kraftwerke können an das Hochspannungsnetz (HS) angeschlossen werden.

Jede Anlage stellt unterschiedliche Anforderungen an netzunterstützende Funktionen. Je nach Standort und VNB sind einige dieser Leistungen obligatorisch und andere optional. Verbindliche Anforderungen sind über den gewählten Grid-Code automatisch konfiguriert. Optionale Leistungen werden bei der Inbetriebnahme vom Installateur konfiguriert.

Die Netzunterstützung kann in folgende Hauptgruppen unterteilt werden, die in den folgenden Abschnitten behandelt werden:

- Dynamische Netzunterstützung
- Wirkleistungssteuerung
- Blindleistungsrsteuerung bzw. -regelung

2.6.1 Wirkleistungs-/Blindleistungstheorie (PQ-Theorie)

Die Erzeugung von Blindleistung beruht auf einer kontrollierten Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom.
Die Blindleistung trägt nichts zur „tatsächlichen Leistung" (Wirkleistung) bei – vielmehr entstehen durch sie Verluste in Stromleitungen und Transformatoren – und ist daher in der Regel unerwünscht.
Blindlasten können je nach den Stromflüssen oder dem Verschiebungswinkel im Vergleich zur Spannung kapazitiv oder induktiv sein.
Für Versorgungsunternehmen ist es wichtig, in ihren Netzen die Blindleistung zu steuern, z. B. in folgenden Fällen:

- Ausgleich für induktive Lasten durch Zuführung kapazitiver Blindleistung
- Spannungssteuerung

2

Als Ausgleich hierfür wird ein Generator, der Blindleistung austauscht, entweder bei einem verschobenen Leistungsfaktor (übererregt genannt) oder bei einem Führungsleistungsfaktor (untererregt genannt) betrieben.

Die technische Definition der Blindleistung auf Grundlage der Definition der Scheinleistung:

- Wirkleistung (P) gemessen in Watt [W]
- Blindleistung (Q) gemessen in Volt-Ampere reaktiv [VAr]
- Scheinleistung (S) ist die Vektorsumme von P und Q und wird gemessen in Volt-Ampere [VA]
- φ ist der Winkel zwischen Strom und Spannung und somit zwischen P und S

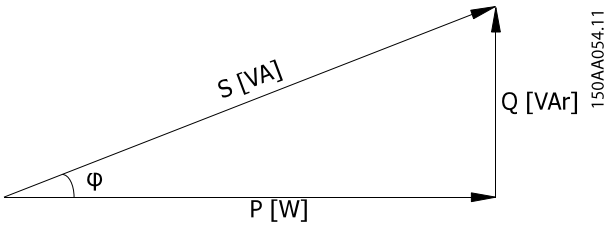


Abbildung 2.19 Blindleistung

Im Wechselrichter kann Blindleistung folgende Definitionen haben:

- **Q:** Menge der Blindleistung als Prozent der Nennscheinleistung des Wechselrichters.
- **PF, Leistungsfaktor***): Verhältnis zwischen P und S (P/S), auch bezeichnet als: Cos(φ).

*) Verschiebungsleistungsfaktor bei Grundfrequenz.

2.7 Übersicht Hilfsdienste

In der folgenden Tabelle werden die einzelnen Hilfsdienste beschrieben.

	FLX Pro
Scheinleistung (S)	
Fester Grenzwert	✓
Wirkleistung (P)	
Fester Grenzwert	✓
Ferngesteuerte PLA	PLA-Option CLX GM[1] CLX Home GM[2] CLX Standard GM[3]
Blindleistung (Q)	
Konstante Q oder PF	✓
Dynamische Q(U)	✓[1]
Dynamische PF(P)	✓
Ferngesteuerte Q oder PF	PLA-Option CLX GM[1] CLX Home GM[2] CLX Standard GM[3]
Regelung von Q oder PF	✓[4]

Tabelle 2.2 Netzverwaltung

1) Ethernet, max. 100 Wechselrichter pro Netzwerk

2) RS-485, max. 3 Wechselrichter pro Netzwerk

3) RS-485, max. 20 Wechselrichter pro Netzwerk

4) Durch Produkte von Drittanbietern

HINWEIS

Beachten Sie vor jeglicher Änderung der Einstellungen für die Nebenleistungen die im Einsatzort geltenden gesetzlichen Bestimmungen.

2.8 Dynamische Netzwerkunterstützung (FRT)

Die Netzspannung hat in der Regel einen gleichmäßigen Kurvenverlauf, gelegentlich fällt die Spannung jedoch für einige Millisekunden ab oder liegt kurzzeitig nicht an. Ursache dafür sind häufig Kurzschlüsse in Freileitungen oder der Betrieb von Schaltgeräten oder ähnlichen Vorrichtungen im Hochspannungsnetz. In solchen Fällen kann der Wechselrichter mithilfe der „Fault Ride Through"-Funktion weiterhin Leistung ins Netz einspeisen.
Eine kontinuierliche Stromversorgung des Netzes ist von entscheidender Bedeutung:

- zur Vermeidung vollständiger Spannungsausfälle und zur Stabilisierung der Netzspannung.
- um die Energieeinspeisung in das AC-Netz zu erhöhen.

Null-Strom-Einstellung
Bei speziellen Anforderungen vom VNB ist eine Null-Strom „LVRT"-Option verfügbar. Durch diese Option wird in „Fault-Ride-Through"-Situationen kein Strom zur Verfügung gestellt.

Der Wechselrichter weist in dieser Hinsicht eine hohe Störfestigkeit gegenüber Spannungsstörungen auf, wie in *2.8.1 Beispiel: Deutschland Mittelspannung* zu sehen ist.

2.8.1 Beispiel: Deutschland Mittelspannung

Wie FRT funktioniert
Abbildung 2.20 **zeigt die Anforderungen, die von der FRT-Funktion zu erfüllen sind. Das Beispiel gilt für deutsche Mittelspannungsnetze.**

- **Oberhalb von Linie 1**
  Bei Spannungen oberhalb von Linie 1 darf der Wechselrichter während der Durchführung von FRT auf keinen Fall vom Netz getrennt werden.
- **Bereich A**
  Der Wechselrichter darf bei Spannungen unterhalb von Linie 1 und links von Linie 2 nicht getrennt werden. In manchen Fällen erlaubt der VNB eine kurzzeitige Trennung. Dann muss der Wechselrichter innerhalb von 2 Sekunden wieder ans Netz gegangen sein.
- **Bereich B**
  Rechts von Linie 2 ist eine kurzzeitige Trennung vom Netz immer zulässig. Die Zeit für den Wiederanschluss und den Leistungsgradienten kann mit dem VNB ausgehandelt werden.
- **Unterhalb von Linie 3**
  Unterhalb von Linie 3 ist ein Netzanschluss nicht mehr erforderlich.

Wenn eine kurzzeitige Trennung vom Netz erfolgt,

- muss der Wechselrichter innerhalb von 2 Sekunden wieder ans Netz gegangen sein;
- muss die Wirkleistung mit einer Mindestrate von 10 % der Nennleistung pro Sekunde zurückgefahren werden.

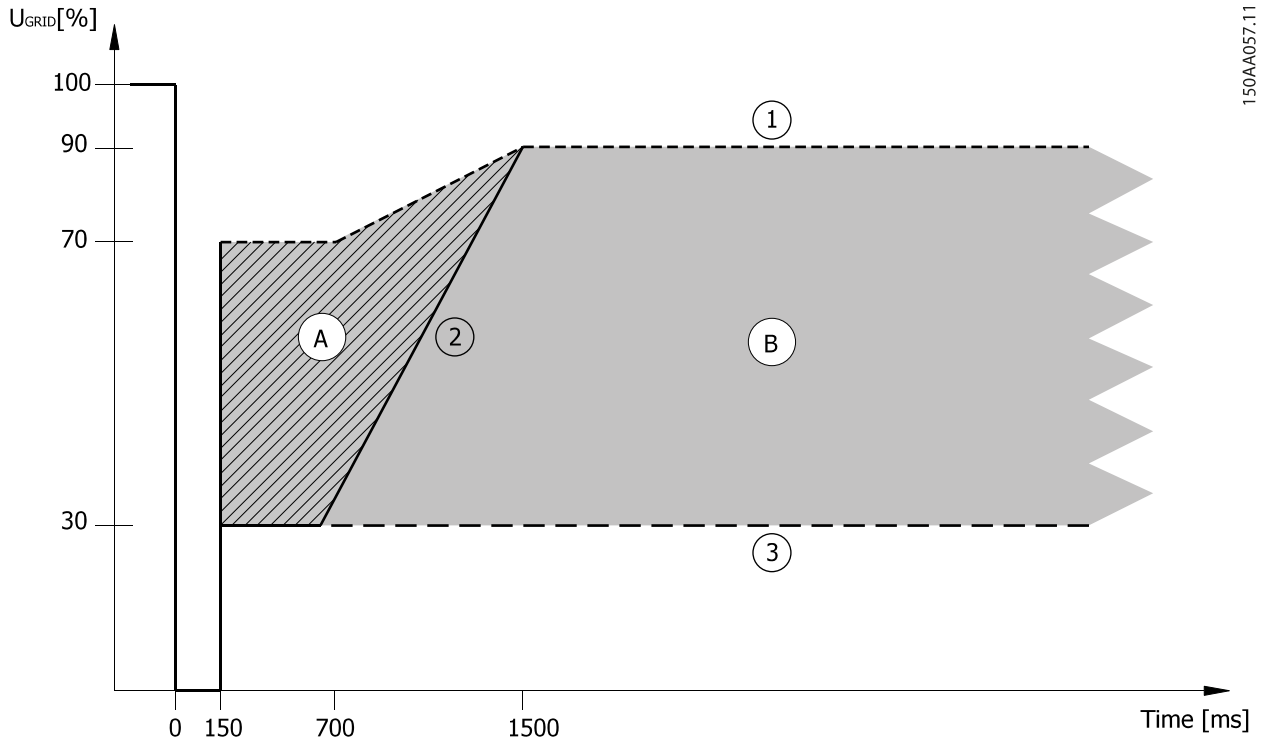


Abbildung 2.20 Beispiel für Deutschland

HINWEIS

Wählen Sie einen Grid-Code für Mittelspannung aus, um Blindstrom während der FRT-Funktion zu ermöglichen.

2

Mit der FRT-Funktion verbundene Parameter
Diese Parameter werden mit der Auswahl der Ländereinstellung automatisch eingestellt.

Parameter	Beschreibung
Oberer FRT-Schwellwert	Obere Netzspannungsamplitude für das Auslösen eines FRT
Unterer FRT-Schwellwert	Untere Netzspannungsamplitude für das Auslösen eines FRT
Statische Blindleistung, k	Das Verhältnis zwischen dem zusätzlichen während des FRT einzuspeisenden Blindstrom und der Tiefe des Spannungsabfalls, $k = (\Delta I_B/I_N) / (\Delta U/U) \geq 2{,}0$ pro Einheit
Übergangszeit	Dauer, in der kein Spannungsabfall mehr vorhanden ist und Blindleistung weiterhin eingespeist wird.

Tabelle 2.3 Mit der FRT-Funktion verbundene Parameter

Während eines Fehlers bleibt der Wechselrichter nicht nur an das Netz angeschlossen, sondern kann auch Blindstrom zur Unterstützung der Netzspannung liefern.

2.9 Wirkleistungssteuerung

Die Wechselrichter verfügen über eine Wirkleistungsregelung, die die Ausgangswirkleistung des Wechselrichters regelt. Die Regelverfahren der Wirkleistungsregelung sind unten beschrieben.

2.9.1 Fester Grenzwert

Um sicherzustellen, dass das PV-System nicht mehr Leistung als zulässig erzeugt, kann für die Ausgangsleistung ein fester Maximalwert bestimmt werden, festgelegt als:

- Absoluter Wert [W]
- Prozentsatz basierend auf installierter PV-Gesamtleistung [%]
- Prozentsatz basierend auf nominaler AC-Ausgangsleistung [%]

2.9.2 Dynamischer Wert

Die Ausgangsleistung wird als Variable der Netzfrequenz reduziert. Es gibt zwei Methoden zur Reduzierung der Ausgangsleistung: Rampe und Hysterese. Die Grid-Code-Einstellung legt fest, welche Methode in einer bestimmten Installation zur Anwendung kommt.

Primärfrequenzregelung – Rampenmethode
Der Wechselrichter verringert die Ausgangsleistung, wenn die Netzfrequenz f_1 überschreitet. Die Reduzierung erfolgt bei einer vorkonfigurierten Rate, die in *Abbildung 2.21* als Rampe (R) dargestellt wird.
Wenn die Frequenz f_2 erreicht, wird der Wechselrichter vom Netz getrennt. Wenn die Frequenz unter f_2 fällt, wird der Wechselrichter wieder ans Netz angeschlossen und erhöht die Leistung wieder auf dieselbe Rate wie bei der Reduzierung.

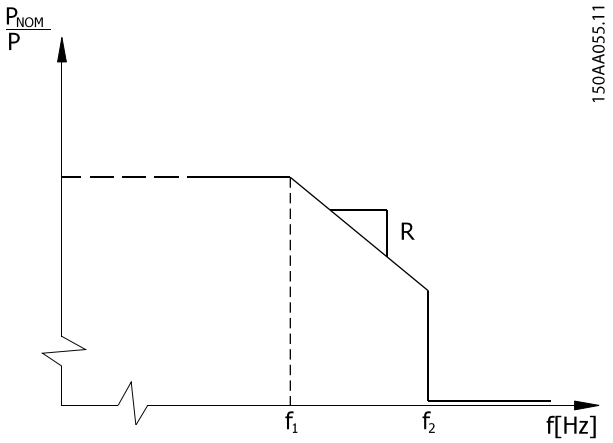


Abbildung 2.21 Primärfrequenzregelung – Rampenmethode

Primärfrequenzregelung – Hysteresemethode
Zur Unterstützung der Netzfrequenzstabilisierung drosselt der Wechselrichter die Ausgangsleistung, wenn die Netzfrequenz f_1 überschreitet. Die Reduzierung erfolgt bei einer vorkonfigurierten Rate, die in *Abbildung 2.22* als Rampe (R) dargestellt wird. Die verringerte Ausgangsleistungsgrenze wird so lange beibehalten, bis die Netzfrequenz auf f_2 gesunken ist. Sinkt die Netzfrequenz auf f_2, steigt die Ausgangsleistung nach einer zeitlichen Rampe T wieder an. Wenn die Netzfrequenz weiter steigt, wird der Wechselrichter bei f_3 getrennt. Wenn die Frequenz unter f_2 fällt, wird der Wechselrichter wieder ans Netz angeschlossen und erhöht die Leistung wieder auf dieselbe Rate wie bei der Reduzierung.

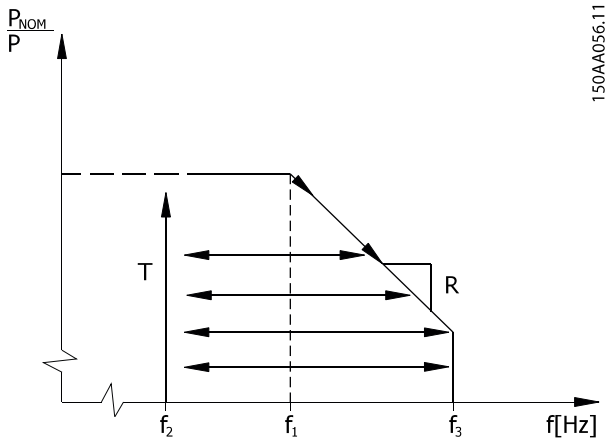


Abbildung 2.22 Primärfrequenzregelung – Hysteresemethode

2.9.3 Ferngesteuerte Anpassung der Ausgangsleistung

Der Wechselrichter unterstützt die ferngesteuerte Anpassung der Ausgangsleistung: die Funktion „Begrenzung der Ausgangsleistung“ (PLA). Die Steuerung der Ausgangsleistung kann vom Wechselrichter oder CLX-Überwachungs- und Netzmanagementgeräten oder externen Geräten von Fremdanbietern übernommen werden.

Bei Verwendung der Master-Funktion zur Steuerung der maximalen Ausgangsleistung wird die PLA-Option oder Danfoss CLX GM als Schnittstellengerät zwischen VNB-Signalschnittstelle (Rundsteuerempfänger) und dem Wechselrichter erforderlich. Der Master-Wechselrichter kann so konfiguriert werden, dass die VNB-Signalinformationen ausgewertet und die geforderte Ausgangsleistung (PLA) automatisch an alle Follower-Wechselrichter im Netzwerk weitergegeben werden. Siehe *Abbildung 2.23*.

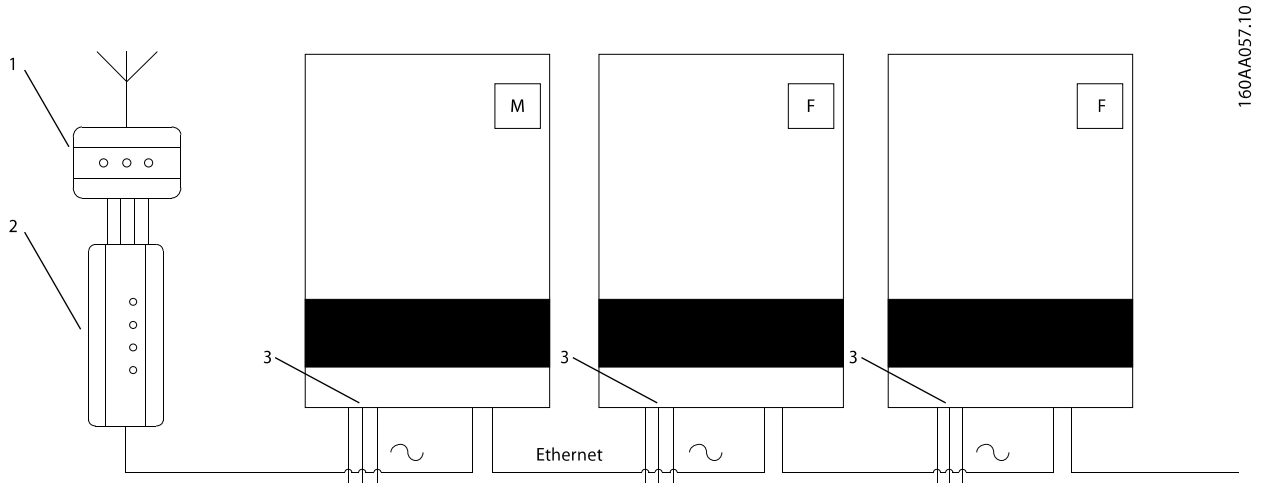


Abbildung 2.23 Beispiel: Aufbau zur Realisierung der Hilfsdienste

1	VNB-Schnittstelle (Rundsteuerempfänger)
2	Danfoss CLX GM
3	Messpunkt

FLX mit CLX-Überwachungs- und Netzverwaltungsgeräten oder externen Fremdanbietergeräten
Auf Basis der Dateneingänge von einer VNB-Signalschnittstelle senden CLX-Überwachungs- und Netzmanagementgeräte oder ein externes Fremdanbietergerät die PLA-Befehle über die RS-485-Schnittstelle direkt an den Wechselrichter. Diese Informationen werden dann von jedem Wechselrichter zur Bestimmung seiner Ausgangsleistungsgrenze verwendet. Zur externen Steuerung sind sowohl Geräte von Danfoss als auch von Drittherstellern erhältlich (ausführlichere Informationen zu passenden Produkten finden Sie in den Handbüchern der Hersteller). Siehe *Abbildung 2.24*.

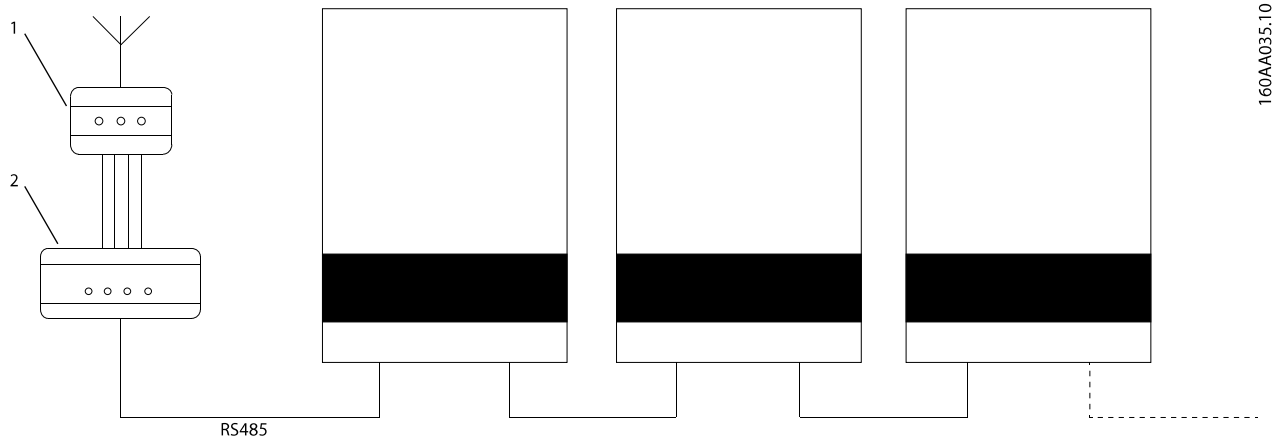


Abbildung 2.24 Beispiel: Aufbau zur Realisierung der netzunterstützenden Funktionen mit CLX-Überwachungs- und Netzmanagementgeräten oder einem externen Fremdanbietergerät

1	VNB-Schnittstelle (Rundsteuerempfänger)
2	CLX-Überwachungs- und Netzmanagementgerät oder Drittanbieterprodukt

Konfiguration
Die ferngesteuerte Begrenzung der Ausgangsleistung wird über CLX-Überwachungs- und Netzmanagementgeräte oder über ein Drittanbieterprodukt konfiguriert. Siehe Handbuch zu CLX-Geräten oder Drittanbieterprodukten.

2.10 Blindleistung

Die Wechselrichter der FLX-Serie unterstützen die Steuerung der Ausgangsblindleistung des Wechselrichters.

In den beiden unten beschriebenen Betriebsarten können die Blindleistungsregelfunktionen nicht in Betrieb genommen werden, wodurch es zu einem Austausch von Blindleistung kommt.

- Der Wechselrichter liefert keinen Strom ins Netz, ist aber weiterhin mit dem Netz verbunden. Am Austausch von Blindleistung sind LCL- und EMV-Filterkomponenten sowie die Stromversorgung beteiligt.
- Der Wechselrichter ist nicht mit dem Netz verbunden, weshalb nur die Stromversorgung am Austausch von Blindleistung mit 6 VAr beteiligt ist.

2.10.1 Konstanter Blindleistungswert

Der Wechselrichter kann so eingestellt werden, dass er auf eine der folgenden Arten einen festen Blindleistungswert liefert:

- Off
- Konstante Blindleistung Q
- Konstanter Leistungsfaktor PF

Off
Für die Blindleistung verfügt der Wechselrichter über keinen internen Sollwert. Stattdessen kann eine externe Sollwertquelle herangezogen werden. FLX-Wechselrichter unterstützen unterschiedliche Netzmanagementeinheiten von Drittanbietern für die Verwaltung der Blindleistung. Stellen Sie die Art des Sollwerts auf „Aus“. Dadurch wird es dem Wechselrichter ermöglicht, einen Sollwert für PF und Q aus der externen Quelle über RS-485 anzunehmen.

Konstante Blindleistung Q
Der Wechselrichter erzeugt eine feste Menge Blindleistung, die als Prozent der Nennscheinleistung (S) des Wechselrichters angegeben wird. Der Wert der konstanten Blindleistung Q kann in einem Bereich von 60 % (untererregt) bis 60 % (übererregt) festgelegt werden. Der Wert kann ab 3 % der Nennleistung bereitgestellt werden.

Konstanter Leistungsfaktor PF
Der konstante Leistungsfaktor bezeichnet ein festes Verhältnis zwischen Wirk- und Scheinleistung (P/S), d. h., einen festen Cos (φ). Der Leistungsfaktor PF kann im Bereich von 0,8 (untererregt) bis 0,8 (übererregt) festgelegt werden. Somit ist die durch den Wechselrichter erzeugte Blindleistung von der erzeugten Wirkleistung abhängig.

Beispiel:

- PF = 0,9
- Erzeugte Wirkleistung (P) = 10,0 kW
- Scheinleistung (S) = 10,0/0,9 = 11,1 kVA
- Blindleistung (Q) = $\sqrt{(11,1^2-10,0^2)}$ = 4,8 kVAr

2.10.2 Dynamischer Wert

Abhängig davon, welche dynamische Steuerung der Blindleistung erforderlich ist, lässt sich dies folgendermaßen realisieren:

- direkt am Wechselrichter über den Master-Wechselrichter, oder
- über ein CLX-Überwachungs- und Netzmanagementgerät oder
- über ein Drittanbieterprodukt.

Sollwertkurve PF(P)
Die PF(P)-Kurve wird entweder an jedem Wechselrichter vorkonfiguriert (über den ausgewählten Grid-Code) oder manuell über die Web-Schnittstelle konfiguriert. Die Regelung von PF(P) erfolgt also auf Wechselrichterebene und misst dabei die Ausgangsleistung des Geräts und liefert Blindleistung. Siehe *Abbildung 2.23*.

Sollwertkurve Q(U)
Der Wechselrichter regelt die Blindleistung in Abhängigkeit von der Netzspannung U. Die Werte für die Sollwertkurve werden vom lokalen Versorgungsunternehmen bestimmt und müssen dort erfragt werden. Die Q(U)-Kurve wird auf Anlagenebene konfiguriert. Der Master-Wechselrichter misst die Netzspannung und bestimmt und liefert entsprechend die Blindleistung. Der Q-Wert wird an alle Follower-Wechselrichter im Netzwerk gesandt. Siehe *Abbildung 2.23*.

2.10.3 Ferngesteuerte Anpassung der Blindleistung

Alle Wechselrichter unterstützen die ferngesteuerte Funktion zur Anpassung der Blindleistung.

Wechselrichter der FLX-Serie
Wenn die Master-Funktion zur Verwaltung der Blindleistungsregelung verwendet wird, ist der Danfoss CLX GM oder die PLA-Option als Schnittstellengerät zwischen VNB-Signalschnittstelle (Rundsteuerempfänger) und Master-Wechselrichter erforderlich. Der Master-Wechselrichter kann so konfiguriert werden, dass die VNB-Signalinformationen ausgewertet werden und der erforderliche Blindleistungssollwert automatisch an alle Follower-Wechselrichter im Netzwerk weitergegeben wird. Siehe *Abbildung 2.23*. Weitere Angaben finden Sie im Danfoss CLX GM-*Benutzerhandbuch*.

FLX mit CLX-Überwachungs- und Netzmanagementgerät oder Drittanbieterprodukt
Auf Basis der Dateneingänge von einer VNB-Signalschnittstelle sendet ein externes Gerät die Blindleistungsbefehle, z. B. über die RS-485-Schnittstelle, direkt an den Wechselrichter. Anschließend verwendet jeder Wechselrichter diese Information zur Bestimmung seines Blindleistungspegels. Sowohl Geräte von Danfoss als auch von Drittanbietern sind zur externen Regelung geeignet. Siehe *Abbildung 2.24*. Weitere Angaben zu passenden Produkten finden Sie in den Handbüchern der Hersteller.

Konfiguration
Die ferngesteuerte Blindleistung wird am CLX-Überwachungs- und Netzmanagementgerät oder am Drittanbieterprodukt konfiguriert: siehe das Handbuch zum CLX-Überwachungs- und Netzmanagementgerät oder zum Drittanbieterprodukt.

2.11 Rückfallwerte

Wenn die Fernsteuerung der Wirk- oder Blindleistung als Bezugswert für den Wechselrichter gewählt wurde, können im Fall eines Kommunikationsausfalls zwischen folgenden Geräten feste Rückfallwerte verwendet werden:

- zwischen dem Master-Wechselrichter und der PLA-Option oder
- zwischen dem Master-Wechselrichter und der Danfoss CLX GM oder
- zwischen Master-Wechselrichter und Follower-Wechselrichter

Diese Funktion ist ab SW-Version 2.10 verfügbar.

3 Systemplanung

3.1 Einführung

Dieser Abschnitt enthält allgemeine Informationen zur Planung der Integration des Wechselrichters in ein PV-System:

- PV-Systementwurf, einschließlich Erdung
- Anforderungen an den AC-Netzanschluss, einschließlich der Wahl des AC-Kabelschutzes
- Umgebungsbedingungen, wie beispielsweise Belüftung

3.2 DC-Seite

3.2.1 PV-Anschlussanforderungen

In *Tabelle 3.1* ist die Nenn- / max. PV-Leistung pro Eingang und als Gesamtwert angegeben.

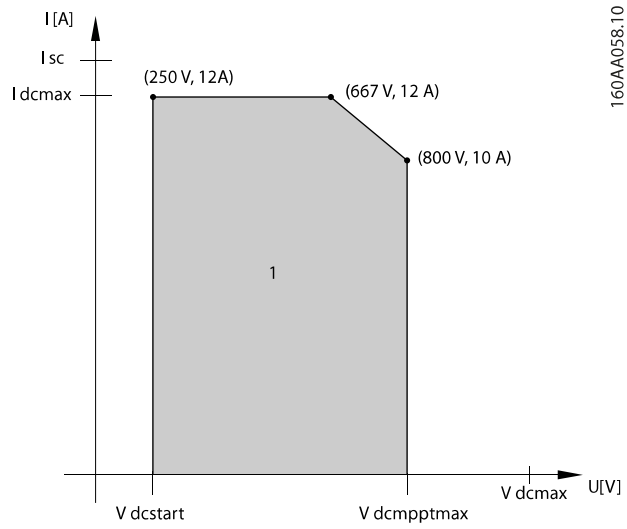
Um Beschädigungen des Wechselrichters zu vermeiden, müssen die Grenzwerte in der Tabelle bei der Auslegung des PV-Generators für den Wechselrichter beachtet werden.

Hinweise und Empfehlungen zur Auslegung des PV-Generators (Multi-String) unter Ausschöpfung der Wechselrichtereigenschaften finden Sie in *3.2.2 Bestimmung des Auslegungsverhältnisses für das PV-System*.

Parameter	FLX- Serie								
	5	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**12.5**	**15**	**17**
Anzahl der PV-Eingänge	3								
Maximale Eingangsspannung, Leerlaufspannung (V_{dcmax})	1000 V								
Minimale MPP-Spannung ($V_{Vdcstart}$ Einschaltspannung DC)*)	250 V								
Maximale MPP-Spannung (V_{mppmax})	800 V								
Max./Nenneingangsstrom (I_{dcmax})	12 A pro PV-Eingang								
Maximaler Kurzschlussstrom (I_{sc})	13,5 A pro PV-Eingang								
Max./Nenn-PV-Eingangsleistung pro MPPT ($P_{mpptmax}$)	5,2 kW	6,2 kW	7,2 kW	8 kW					
Max./Nenn. umgewandelte PV-Eingangsleistung, gesamt ($\Sigma P_{mpptmax}$)	5,2 kW	6,2 kW	7,2 kW	8,3 kW	9,3 kW	10,4 kW	12,9 kW	15,5 kW	17,6 W

Tabelle 3.1 PV-Betriebsbedingungen

**) Bei asymmetrischen Auslegungen ist eine herkömmliche Ausschaltspannung von 220 V zu berücksichtigen, siehe Tabelle 5.1 und Tabelle 5.2.*



1	**Betriebsbereich pro MPP-Tracker**

Abbildung 3.1 Betriebsbereich pro MPP-Tracker

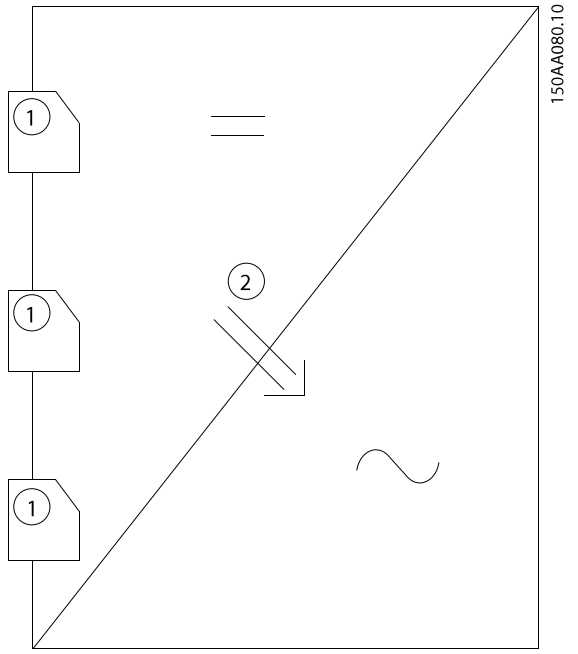
Maximale Leerlaufspannung
Die Leerlaufspannung des PV-Strings darf die maximale Leerlaufspannungsgrenze des Wechselrichters nicht überschreiten. Prüfen Sie die technischen Daten bezüglich der Leerlaufspannung bei niedrigster Betriebstemperatur der PV-Module. Ist die Modulbetriebstemperatur nicht bekannt, orientieren Sie sich an ortsüblichen Werten.
Achten Sie außerdem darauf, dass die maximale Systemspannung der PV-Module nicht überschritten wird. Höchste Effizienz lässt sich mit der Auslegung langer Strings erreichen.
Für Dünnschichtmodule gelten besondere Anforderungen. Siehe *3.2.3 Dünnschichtmodule*.

MPP-Spannung
Die String-MPP-Spannung muss innerhalb des Betriebsbereichs des MPPT des Wechselrichters liegen, der durch die minimale Spannung des MPPT (250 V) und die maximale Spannung des MPPT (800 V) definiert wird, und zwar im gesamten Temperaturbereich der PV-Module.
Um den vollen Bereich zu nutzen, müssen asymmetrische Auslegungen beachtet werden, einschließlich Spannung von 250 V bei Inbetriebnahme für mindestens einen String. In diesem Fall ist der MPP-Tracker bis zu einer Ausschaltspannung von 220 V aktiv.

Kurzschlussstrom
Der maximale Kurzschlussstrom (I_{sc}) darf den absoluten Höchstwert, den der Wechselrichter ohne Beschädigung überstehen kann, nicht überschreiten. Prüfen Sie die technischen Daten bezüglich des Kurzschlussstroms bei höchster PV-Modul-Betriebstemperatur.

Die Leistungsgrenze für einzelne PV-Eingänge muss beachtet werden. Die umgewandelte Eingangsleistung ergibt sich nicht aus der Summe der einzelnen maximalen MPPT PV-Eingangsleistungen ($P_{mpptmax1} + P_{mpptmax2} + P_{mpptmax3}$), sondern ist begrenzt durch die maximale PV-Gesamteingangsleistung ($\Sigma P_{mpptmax}$).

Max./Nennleistung Umgewandelte PV-Eingangsleistung, gesamt
Die 2 und/oder 3 MPP-Tracker können insgesamt mehr Leistung bewältigen, als der Wechselrichter umwandeln kann. Der Wechselrichter wird die Leistungsaufnahme begrenzen, indem der MPP versetzt wird, wenn ein Überschuss an PV-Leistung verfügbar ist.
Weitere Informationen zur PV-Überdimensionierung und den damit verbundenen Folgen siehe *3.2.2 Bestimmung des Auslegungsverhältnisses für das PV-System*.



1	Arbeitsbereich für jeden einzelnen MPP-Tracker
2	$\Sigma_{mpptmax}$, umgewandelt

Abbildung 3.2 Max./Nennleistung Umgewandelte PV-Eingangsleistung, gesamt

Verpolung
Der Wechselrichter verfügt über einen Verpolungsschutz, kann jedoch erst nach korrektem Anschluss Leistung erzeugen. Durch eine vertauschte Polarität werden weder der Wechselrichter noch die Steckverbinder beschädigt.

⚠VORSICHT

Vor der Korrektur der Polarität muss der PV-Trennschalter getrennt werden.

3

Widerstand zwischen PV-Modulen und Erde
Die Widerstandsüberwachung zwischen PV-Modulen und Erdung ist für alle Ländereinstellungen implementiert, da der Wechselrichter und/oder die PV-Module durch eine Netzeinspeisung mit einem zu geringen Widerstand beschädigt werden können. Gemäß IEC 61215 ausgelegte PV-Module werden nur mit einem spezifischen Widerstand von mindestens 40 MΩ*m^2 geprüft. Bei einer 24-kW-Anlage mit einem PV-Modul-Wirkungsgrad von 14 % ergibt sich eine Modulfläche von 171 m^2. Dies ergibt wiederum einen Mindestwiderstand von 40 MΩ*m^2/171 m^2 = 234 kΩ.
Die PV-Anlagenkonfiguration muss innerhalb der vom geltenden Grid-Code vorgegebenen Grenzwerte liegen. Siehe *2.3.4 Internationaler Wechselrichter*.

Erdung
Die Klemmen der PV-Arrays dürfen nicht geerdet werden. Entsprechend den allgemeinen Vorschriften für elektrische Anlagen kann jedoch eine Erdung sämtlicher leitende Materialien (z. B. des Montagesystems) zwingend vorgeschrieben sein.

Parallelschaltung von PV-Arrays
Die PV-Eingänge des Wechselrichters können extern parallel geschaltet werden. Vor- und Nachteile einer Parallelschaltung:

- **Vorteile**
  - Flexible Anlagenauslegung
  - Bei einer Parallelschaltung kann ein zweiadriges Kabel vom PV-Array zum Wechselrichter geführt werden (geringere Installationskosten).
  - Bei einer Parallelschaltung muss lediglich ein einziges Kabel für längere Entfernungen verwendet werden (geringere Kabelkosten).
  - Erweiterte Möglichkeiten der Anlagenauslegung zur Überdimensionierung
- **Nachteile**
  - Die Überwachung der einzelnen Strings ist nicht möglich.
  - Möglicherweise sind Stringsicherungen / Stringdioden erforderlich, um die Gefahr einer Stromrückspeisung zu vermeiden.

Nach dem Anschluss der PV-Strings prüft der Wechselrichter über einen Autotest die PV-Konfiguration und nimmt dementsprechend die eigene Konfiguration vor.

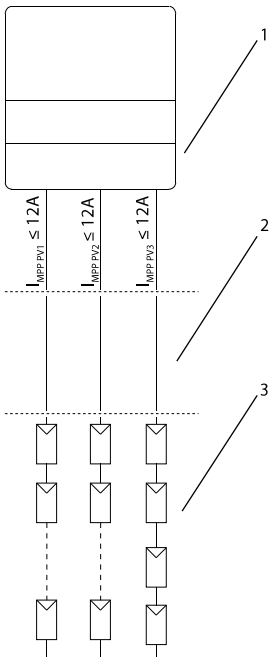
Ist die PV-Eingangskonfiguration auf „automatisch" eingestellt (Standardeinstellung), erkennt der Wechselrichter die parallelen und die einzelnen Strings wie beschrieben von selbst.

Ist die PV-Eingangskonfiguration auf „manuell" eingestellt, muss der Benutzer jeden PV-Eingang gemäß der tatsächlichen Verdrahtung entweder als parallel oder einzeln konfigurieren.

Die folgende Grafik zeigt Beispiele verschiedener Parallelbetriebskonfigurationen. **Alle Grafiken sind vereinfacht und zeigen lediglich eine von zwei PV-Polaritäten. Dementsprechend muss bei der Umsetzung mit der doppelten Kabelmenge gerechnet werden.**

Die nachstehende Legende gilt für alle Parallelbetriebszeichnungen in diesem Abschnitt.

1	Wechselrichter
2	Kabel
3	PV-Module
4	vier (oder 3) Strings parallel
5	ein String (oder zwei parallel)

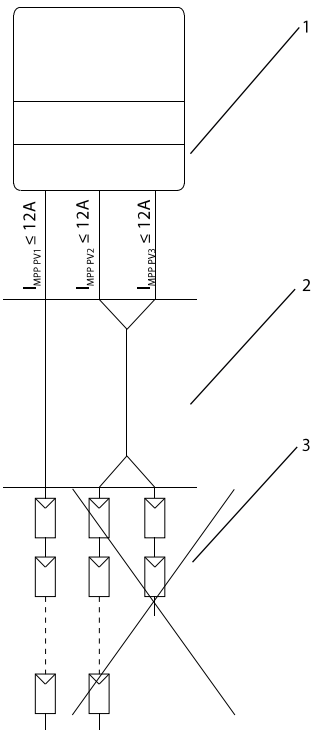


160AA038.10

Abbildung 3.3 Fall 1: Konfiguration mit einzelnen PV-Strings

Direkter Anschluss der in Serie geschalteten PV-Module am Wechselrichter. Asymmetrische Auslegungen sind möglich:

- Unterschiedliche String-Längen für alle Eingänge
- Es können pro Eingang unterschiedliche Modultypen verwendet werden (jedoch immer gleiche Typen im PV-String).
- Unterschiedliche Modulausrichtung für alle Eingänge



160AA042.10

Abbildung 3.4 Nicht zulässig!

Asymmetrische Konfigurationen im Parallelbetrieb sind niemals zulässig.

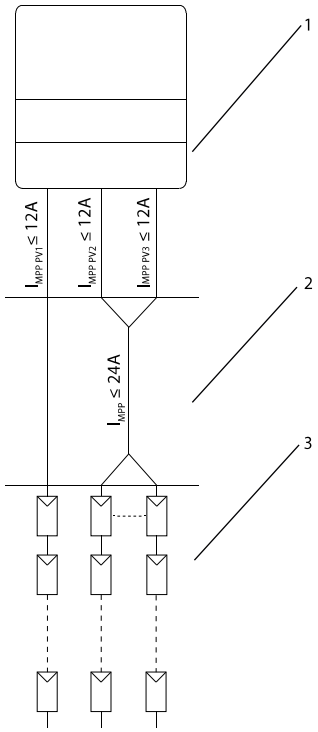


Abbildung 3.5 Fall 2: Parallelschaltung unter Beibehaltung zweier unabhängiger Tracker

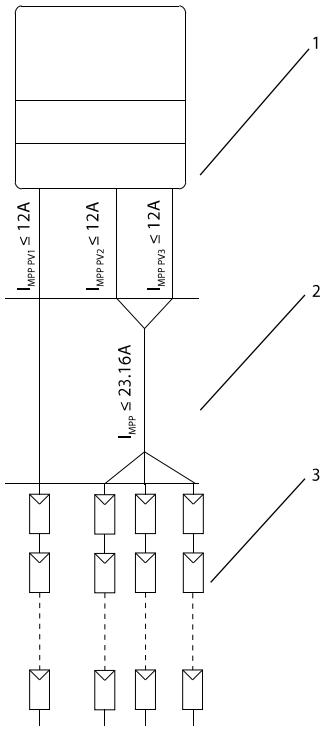


Abbildung 3.6 Fall 2, Beispiel 1: Parallelschaltung unter Beibehaltung zweier unabhängiger Tracker

Bei dieser Konfiguration lassen sich zwei unabhängige Tracker beibehalten.

Je nach Stromstärke der jeweiligen Module lassen sich mehr als zwei Strings über einen einfachen Splitter oder über eine Y-Verbindung parallel schalten.

- Gleiche Stringlängen an PV1 und PV2
- Kürzere Stringlängen an PV3 und unterschiedliche Module oder Modulausrichtungen

Dies ist ein Beispiel mit 6-Zoll-Zellmodulen. Jede Anlage muss unter Berücksichtigung der jeweiligen Solarzellen-Kenndaten und der Umgebungsbedingungen individuell ausgelegt werden.

Bei dieser Konfiguration lassen sich zwei unabhängige Tracker beibehalten.

Bei dieser Konfiguration können ein externen Anschluss-kasten und Stringsicherungen erforderlich sein.

Parallelstring mit 6-Zoll-Zellen: 23 Module, V_{oc} = 1000, I_{MPP} = 7,72 A, P = 5,29 kWp pro String.

Gesamtleistung: 4 x 23 x 230 Wp = 21,2 kWp (124,5 % Auslegungsverhältnis für FLX 17). 7,9 kWp per MPPT in MPPT 2 und 3 (STC). 5,3 kWp in MPPT 1.

Diese Auslegung lässt sich nur mit einer sehr begrenzten Anzahl an Modultypen realisieren.

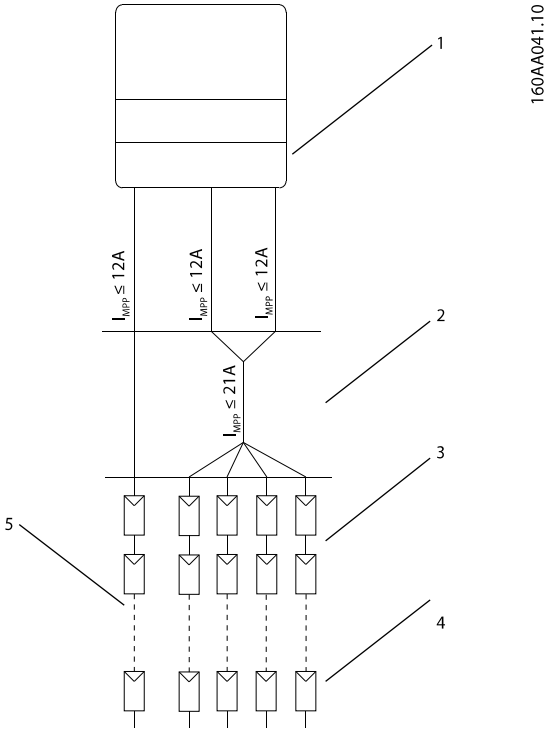


Abbildung 3.7 Fall 2, Beispiel 2: Parallelschaltung unter Beibehaltung zweier unabhängiger Tracker

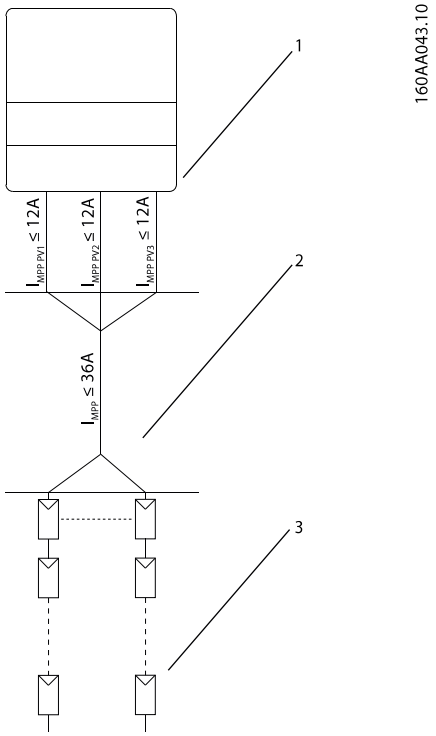


Abbildung 3.8 Fall 3: Parallelschaltung mit einem gemeinsamen MPP-Tracker

Dies ist ein Beispiel mit 5-Zoll-Zellmodulen. Jede Anlage muss unter Berücksichtigung der jeweiligen Solarzellen-Kenndaten und der Umgebungsbedingungen individuell ausgelegt werden.

Bei dieser Konfiguration können ein externen Anschluss-kasten und Stringsicherungen erforderlich sein.

Parallelstring mit 5-Zoll-Zellen: 18 Module, V_{oc} = 1000, I_{nom} = 5,25 A, I_{sc} = 5,56 A, P = 3,51 kWp pro String

Verwendete Module: 195 Wp (Hochleistungsmodule) bei 5-Zoll-Zellen. 4 Strings aus 19 Modulen sind möglich (3,71 kWp pro String). Parallel und ein Einzelstring. Max. Leist.: 5 x 19 x 195 = 18,53 kWp (130 % Auslegungsverhältnis für FLX 17).

Je nach Stromstärke der jeweiligen Module lassen sich mehr als zwei Strings parallel schalten.

In dieser Konfiguration können Sicherungen erforderlich sein, wenn der für die PV-Module maximal zulässige Rückstrom überschritten wird (normalerweise drei oder mehr Strings parallel Module mit 60 6-Zoll-Zellen).

Für diese Konfiguration ist ein externer Anschlusskasten erforderlich.

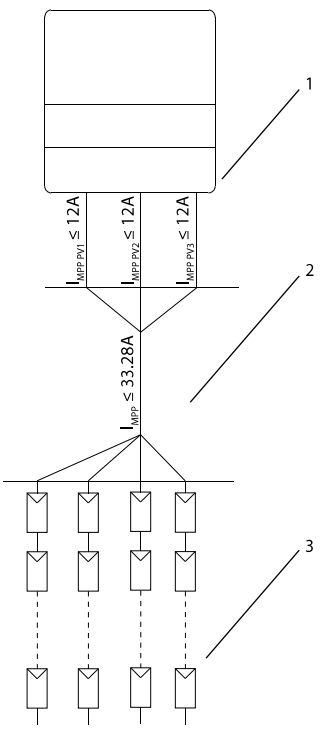


Abbildung 3.9 Fall 3, Beispiel 1: Parallelschaltung mit einem gemeinsamen MPP-Tracker

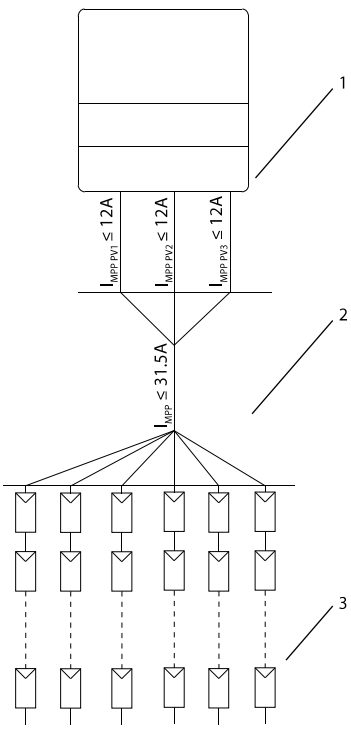


Abbildung 3.10 Fall 3, Beispiel 2: Parallelschaltung mit einem gemeinsamen MPP-Tracker

Dies ist ein Beispiel mit 6-Zoll-Zellmodulen. Jede Anlage muss unter Berücksichtigung der jeweiligen Solarzellen-Kenndaten und der Umgebungsbedingungen individuell ausgelegt werden.

Für diese Konfiguration ist ein externer Anschlusskasten erforderlich. Sicherungen sind möglicherweise erforderlich.

Paralleler Stringbetrieb: 6-Zoll-Zellen: 23 Module, V_{oc} = 1000, IMPP = 8,32 A, P = 5,75 kWp pro String.

Modul im Beispiel: 250 Wp. In dieser Konfiguration gibt es 7,7 kWp pro MPPT (23 kWp; 135 % Auslegungsverhältnis für FLX 17).

Dies ist ein Beispiel mit 5-Zoll-Zellmodulen. Jede Anlage muss unter Berücksichtigung der jeweiligen Solarzellen-Kenndaten und der Umgebungsbedingungen individuell ausgelegt werden.

Für diese Konfiguration ist ein externer Anschlusskasten erforderlich. Sicherungen sind möglicherweise erforderlich.

Paralleler Stringbetrieb: 5-Zoll-Zellen: 18 Module, V_{oc} = 1000, I_{nom} = 5,25 A, P = 3,51 kWp pro String.

Verwendete Module: 195 Wp (Hochleistungsmodule) mit 5-Zoll-Zellen. 6 Strings aus 19 Modulen sind möglich (3,7 kWp pro String). Max. Spitzenleistung: 6 x 19 x 195 Wp = 22,23 kWp (130 % Auslegungsverhältnis für FLX 17).

PV-Kabel – Dimensionierung und Verlegung
Die Verlustleistung in den PV-Kabeln sollte 1 % des Nennwerts nicht überschreiten, um Verluste zu vermeiden. Bei einem Array mit einer Leistung von 6000 W bei 700 V entspricht dies einem maximalen Widerstandswert von 0,98 Ω. Bei Verwendung von Aluminiumkabel (4 mm^2 → 4,8 Ω/km, 6 mm^2 → 3,4 Ω/km) ist die Länge des Kabels bei einer Kabelquerschnittsfläche von 4 mm^2 auf ca. 200 m und bei einer Kabelquerschnittsfläche von 6 mm^2 auf ca. 300 m begrenzt. Die Gesamtlänge ist definiert als der doppelte Abstand zwischen dem Wechselrichter und dem PV-Array plus die Länge der PV-Kabel in den Modulen. Vermeiden Sie Schleifen in der DC-Verkabelung, da diese als Antenne für Funkstörungen fungieren können, die vom Wechselrichter ausgehen. Kabel mit negativer und positiver Polarität sollten parallel mit möglichst geringem Abstand zueinander verlegt werden. Dadurch wird im Falle eines Blitzschlags die induzierte Spannung und damit das Beschädigungsrisiko reduziert.

Gleichstrom (DC)		**Max. 1000 V, 12 A**
Kabellänge	4 mm^2 –4,8 Ω /km	<200 m*
Kabellänge	6 mm^2 –3,4 Ω /km	>200-300 m*

Tabelle 3.2 Kabelspezifikationen

** Der Abstand zwischen Wechselrichter und PV-Array und zurück sowie die Gesamtlänge der PV-Array-Verkabelung.*

3.2.2 Bestimmung des Auslegungsverhältnisses für das PV-System

Bei der Bestimmung des Auslegungsverhältnisses für das PV-System ist eine spezifische Analyse vorzuziehen, insbesondere bei großen PV-Installationen. Es lassen sich ortsspezifische Faustregeln aus den örtlichen Gegebenheiten ableiten, z. B. aus:

- dem lokalen Klima
- der lokalen Gesetzgebung
- dem Preisniveau des Systems

Zur Auswahl der optimalen Konfiguration und des optimalen Auslegungsverhältnisses muss eine Investitionsanalyse vorgenommen werden. Große Auslegungsverhältnisse sorgen normalerweise für eine Senkung bestimmter Investitionskosten (€/kWp), können jedoch auch zu geringeren spezifischen Erträgen (kWh/kWp) aufgrund von Leistungsreduzierungsverlusten im Wechselrichter (übermäßige DC-Leistung oder Überhitzung) und somit zu geringerem Einkommen führen.

Kleine Auslegungsverhältnisse führen zu höheren Investitionskosten. Der spezifische Ertrag ist jedoch möglicherweise größer, bedingt durch geringere oder nicht vorhandene Verluste durch Leistungsreduzierung.

Erfahrungen zeigen, dass Einstrahlungswerte über 1000 W/m^2 – je nach Region als kurzer Spitzenwert oder über einen längeren Zeitraum – häufiger vorkommen. Wenn während solcher Einstrahlungsspitzen keine hohen Umgebungstemperaturen zu erwarten sind, sollten diese Anlagen mit kleinerem Auslegungsverhältnis dimensioniert werden als Anlagen in Regionen, wo derartige Einstrahlungswerte eher selten auftreten.

Ein niedrigeres Auslegungsverhältnis sollte für Trackingsysteme veranschlagt werden, da diese durch die Nachführung länger hohe Einstrahlungswerte erlauben. Darüber hinaus ist bei Trackingsystemen in heißen Klimata eine Leistungsreduzierung durch Überhitzung des Wechselrichters zu berücksichtigen, die auch das empfohlene Auslegungsverhältnis reduzieren könnte.

FLX unterstützt verschiedene Auslegungsverhältnisse. Jeder PV-Eingang kann bis zu 8000 W bei einem maximalen Kurzschlussstrom von 13,5 A, einer MPP-Strom von 12 A und einer Leerlaufspannung von 1000 V DC aushalten.

3.2.3 Dünnschichtmodule

Die Verwendung von FLX-Wechselrichtern mit Dünnschichtmodulen wurde von einigen Herstellern genehmigt. Die entsprechenden Erklärungen und Zulassungen finden Sie unter www.danfoss.com/solar. Wenn für das bevorzugte Modul keine Erklärung verfügbar ist, holen Sie vor der Installation der Dünnschichtmodule und der Wechselrichter in jedem Fall die Genehmigung des Modulherstellers ein.
Die PV-Leistungskreise (die Booster) der Wechselrichter basieren auf einem invertierten asymmetrischen Aufwärtswandler und einem bipolaren DC-Zwischenkreis. Das negative Potenzial zwischen PV-Arrays und Erde ist daher im Vergleich zu anderen transformatorlosen Wechselrichtern deutlich geringer.

⚠VORSICHT

Bei bestimmten Arten der Dünnschichttechnologiemodulen liegt die Modulspannung während der Anfangsdegradation möglicherweise über dem im Datenblatt angegebenen Nennwert. Dies ist bei der Auslegung des PV-Systems zu beachten, da eine zu hohe DC-Spannung Schäden am Wechselrichter verursachen kann. Der Modulstrom kann während der Anfangsdegradation ebenfalls den Stromgrenzwert des Wechselrichters überschreiten. In diesem Fall reduziert der Wechselrichter die Ausgangsleistung entsprechend, was einen niedrigeren Ertrag zur Folge hat. Bei der Auslegung sind daher die technischen Daten des Wechselrichters und der Module vor und nach der Anfangsdegradation zu berücksichtigen.

3

3.2.4 Interner Überspannungsschutz

Der Wechselrichter verfügt über einen integrierten Überspannungsschutz sowohl auf der AC- wie auch auf der PV-Seite. Wenn das PV-System auf einem Gebäude mit vorhandenem Blitzschutzsystem installiert wird, muss das PV-System ordnungsgemäß in dieses System eingebunden werden. Der Wechselrichter selbst enthält keine SPDs (Überspannungsschutzgeräte mit Überspannungsableiter). Die Varistoren des Wechselrichters sind zwischen Phasen- und Neutralleitern sowie zwischen PV-Plus- und Minusklemmen angeschlossen. Zusätzlich befindet sich ein Varistor zwischen Neutral- und PE-Kabel.

Anschlusspunkt	Überspannungskategorie gemäß EN50178
AC-Seite	Kategorie III
PV-Seite	Kategorie II

Tabelle 3.3 Überspannungskategorie

⚠VORSICHT

Bei der Montage des Wechselrichters auf einer geerdeten Metallfläche ist sicherzustellen, dass das Erdpotenzial des Wechselrichters und die Befestigungsplatte direkt miteinander verbunden sind. Andernfalls kann es durch Lichtbogenüberschlag zwischen Wandhalterung und Wechselrichtergehäuse zu schweren Schäden am Wechselrichter kommen.

Beschreibung der PV-Überspannungsschutz Funktion
Der PV-Überspannungsschutz ist eine Funktion, die den Wechselrichter aktiv vor Überspannung schützt. Diese Funktion ist unabhängig vom Netzanschluss und ist bei voller Funktionstüchtigkeit immer aktiv.
Bei normalem Betrieb liegt die MPP-Spannung im Bereich zwischen 220 und 800 V, und der PV-Überspannungsschutz ist inaktiv. Bei einer Trennung des Wechselrichters vom Netz befindet sich die PV-Spannung in einem Leerlaufzustand (kein MPP-Tracking). Unter diesen Gegebenheiten kann die Spannung bei starker Bestrahlung und niedriger Modultemperatur 900 V überschreiten und den Wechselrichter möglicherweise überlasten. An diesem Punkt wird der Überspannungsschutz aktiviert.
Wenn der PV-Überspannungsschutz aktiviert wird, wird die Eingangsspannung gewissermaßen kurzgeschlossen (Reduzierung auf ca. 5 V), sodass gerade genug Leistung für die Versorgung der internen Schaltkreise verfügbar ist. Die Reduzierung der Eingangsspannung erfolgt innerhalb 1,0 ms.
Wenn der normale Netzzustand wieder hergestellt ist, beendet der Wechselrichter den PV-Überspannungsschutz und versorgt den MPP mit einer Spannung im Bereich von 220 bis 800 V.

Zwischenüberspannungsschutz
Während der Inbetriebnahme (bevor der Wechselrichter ans Netz angeschlossen wird) und während der PV im Zwischenkreis lädt, kann der Überspannungsschutz aktiviert werden, um Überspannung im Zwischenkreis zu verhindern.

3.2.5 Wärmemanagement

Leistungselektronik erzeugt Abwärme, die überwacht und abgeleitet werden muss, um Beschädigungen des Wechselrichters zu vermeiden sowie eine hohe Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer sicherzustellen. Die Temperatur im Bereich wichtiger Bauteile, wie beispielsweise der integrierten Leistungsmodule, wird zum Schutz der Elektronik vor Überhitzung kontinuierlich gemessen. Übersteigt die Temperatur die Grenzwerte, wird die Eingangsleistung des Wechselrichters reduziert, um die Temperatur auf einem sicheren Niveau zu halten.
Das Wärmemanagement des Wechselrichters basiert auf Zwangskühlung über drehzahlgeregelte Lüfter. Die Lüfter sind elektronisch geregelt und werden nur bei Bedarf aktiviert. Die Rückseite des Wechselrichters ist als Kühlkörper ausgelegt, der die von den Leistungshalbleitern in den integrierten Leistungsmodulen erzeugte Wärme abführt. Zusätzlich erfolgt eine Zwangsumluftkühlung der magnetischen Bauteile.
Bei Installation in großer Höhe muss mit einer verringerten Kühlleistung gerechnet werden. Dieser Kühlleistungsverlust wird durch die Drehzahlregelung der Lüfter kompensiert. Bei einer Installation in einer Höhe von über 1000 m über NN sollte im Rahmen der Systemauslegung eine Reduzierung des Auslegungsverhältnisses, und damit eine geringere nominale Auslastung des Wechselrichters, in Betracht gezogen werden, um Ertragsverluste zu vermeiden.

Höhenlage	**2000 m**
Max. Wechselrichterlast	95%

Tabelle 3.4 Höhenkompensation

HINWEIS

Der PELV-Schutz ist nur in einer Höhe von bis zu 2000 m über NN wirksam.

Berücksichtigen Sie auch andere höhenbezogene Faktoren wie etwa eine stärkere Einstrahlung.

Zuverlässigkeit und Lebensdauer können verbessert werden, wenn der Wechselrichter an einem Ort mit niedrigen Umgebungstemperaturen aufgestellt wird.

HINWEIS

Im Rahmen der Belüftungsberechnungen sollte eine maximale Wärmeableitung von 600 W pro Wechselrichter verwendet werden.

3.2.6 PV-Simulation

Setzen Sie sich mit dem Händler in Verbindung, bevor Sie den Wechselrichter an eine Stromversorgung zu Testzwecken anschließen, z. B. für eine PV-Simulation. Der Wechselrichter verfügt über Funktionen, die zu Beschädigungen an der Stromversorgung führen können.

3.3 Anschluss an das Niederspannungsnetz

3.3.1 AC-Anschlussbedingungen

⚠VORSICHT

Halten Sie immer die lokalen Regelungen und Richtlinien ein.

Die Wechselrichter verfügen über Dreiphasen-, Null- und PE-Leiteranschluss an das AC-Netz für den Betrieb unter folgenden Bedingungen:

Parameter	Nenn-	Min.	Max.
Netzspannung, Phase – Neutralleiter	230 V +/- 20%	184 V	276 V
Netzfrequenz	50 Hz +/- 10%	45 Hz	55 Hz

Tabelle 3.5 AC-Betriebsbedingungen

Bei der Auswahl eines Grid-Codes werden die oben aufgeführten Grenzwerte auf den ausgewählten Netzstandard abgestimmt.

Erdungssysteme
Die Wechselrichter sind für den Betrieb in TN-S-, TN-C-, TN-C-S- und TT-Systemen ausgelegt.

HINWEIS

Wenn eine externe Fehlerstromschutzeinrichtung zusätzlich zur eingebauten Fehlerstromüberwachungseinheit erforderlich ist, muss zur Vermeidung einer Abschaltung eine 300-mA-Fehlerstromschutzeinrichtung vom Typ B verwendet werden. Der Betrieb in IT-Systemen ist nicht möglich.

HINWEIS

Bei Verwendung des TN-C-Systems zur Vermeidung von Erdströmen im Kommunikationskabel ist auf ein identisches Erdpotential zwischen allen Wechselrichtern zu achten.

3.3.2 Dimensionierung externer AC-Komponenten

Zwischen Netztrennschalter und Wechselrichter darf keine Verbraucherlast angeschlossen werden. Andernfalls wird eine Überlastung des Kabels durch die Kabelsicherung möglicherweise nicht erkannt, siehe *2.3.1 Funktionsüberblick*. Für Verbraucherlasten immer separate Sicherungen verwenden. Bei Schalten unter Last immer spezielle Trennschalter mit entsprechender Funktion verwenden. Schraubsicherungen wie „Diazed" und „Neozed" gelten nicht als geeignete Lastschalter. Bei einem Ausbau unter Last können Sicherungshalter beschädigt werden. Verwenden Sie den PV-Trennschalter zum Abschalten der Wechselrichter vor dem Ausbau / Austausch von Sicherungen.
Der Nennwert des Netztrennschalters ist in Abhängigkeit von der Verdrahtungsausführung (Leiterquerschnittsfläche), vom Kabeltyp, Verdrahtungsverfahren, von der Umgebungstemperatur, vom Nennstrom des Wechselrichters usw. zu wählen. Mögliche Selbsterwärmung oder externe Wärmezufuhr führen zur verringerten Belastbarkeit des Trennschalters.
Bezüglich der Spezifikationen der zu verwendenden Netzschalter siehe *5.5 Netzsicherungsdaten*.
Bezüglich der Anforderungen an zu verwendende Kabel siehe *5.6 Kabelspezifikationen*.

3.3.3 Netzimpedanz

Stellen Sie sicher, dass die Netzimpedanz den Spezifikationen entspricht, um eine versehentliche Trennung vom Netz oder eine Ausgangsleistungsreduzierung zu vermeiden. Sorgen Sie außerdem für die korrekte Kabeldimensionierung, um Verluste zu vermeiden. Erlauben Sie die Leerlaufspannung am Netzanschlusspunkt.

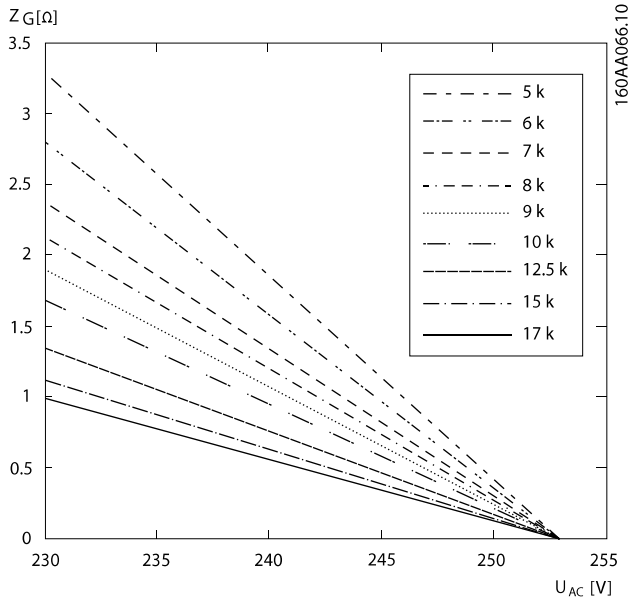


Abbildung 3.11 Maximal zulässige Netzimpedanz in Abhängigkeit der Leerlaufspannung

4 Optionen und Kommunikationsschnittstellen

4.1 Einführung

In diesem Kapitel werden die für den Wechselrichter verfügbaren Kommunikationsschnittstellen und Optionsmodule beschrieben.

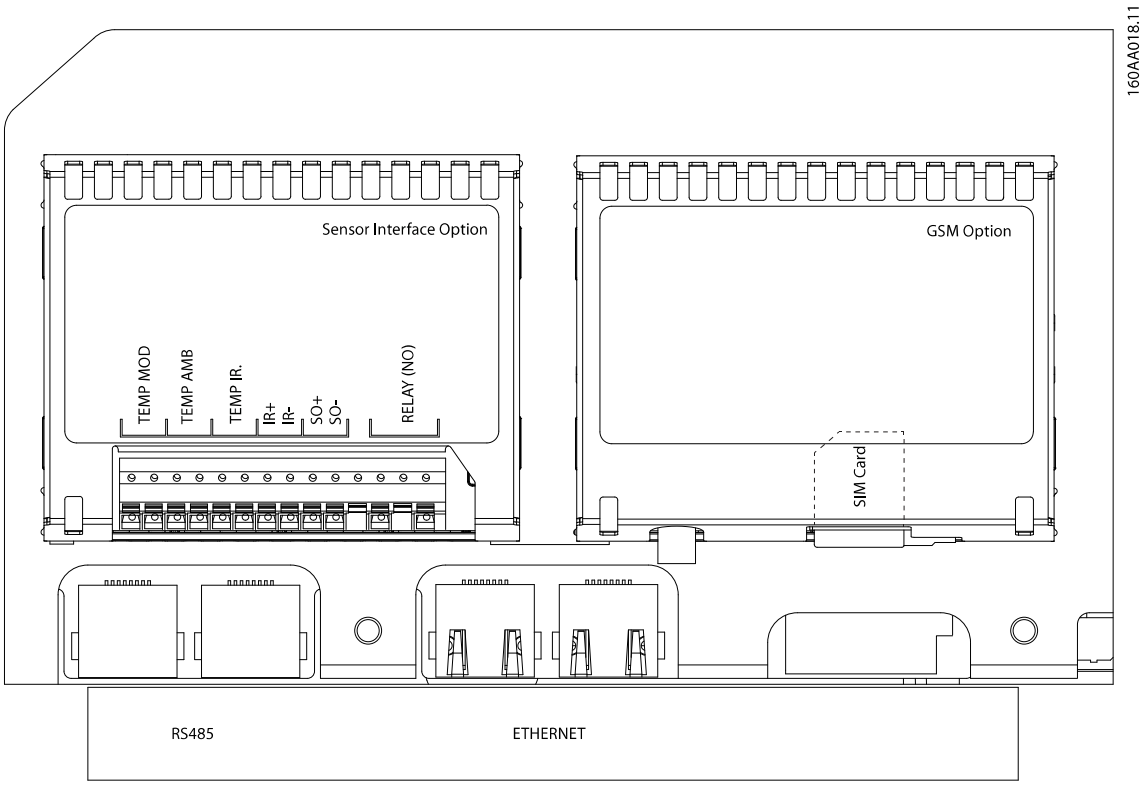


Abbildung 4.1 Position der Sensor Interface-Optionen und Anschlüsse im Wechselrichter

HINWEIS

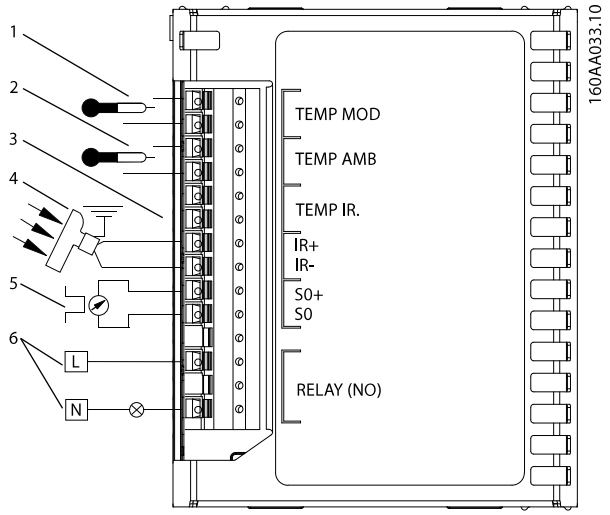
Die Sensorschnittstellenoption/GSM-Option kann links oder rechts angeordnet werden.

Informationen zur Installation und detaillierte technische Daten des Optionsmoduls enthält auch die

- *Installationsanleitung für das GSM-Optionskit*
- *Installationsanleitung für die Sensor Interface-Option*

4.2 Sensorschnittstellenoption

Informationen zu Installation, Einrichtung und technischen Daten finden Sie in der *Installationsanleitung für die Sensorschnittstellenoption*.
Die Sensorschnittstellenoption bietet Schnittstellen für Temperaturfühler, Einstrahlungssensor, Stromzähler-Eingang und Relaisausgang.



1-3	Schnittstellen für Temperaturfühler
4	Einstrahlungssensor
5	S0 Eingang für Stromzähler
6	Relaisausgang

Abbildung 4.2 Sensoranschlüsse an der Sensorschnittstelle-noption

4.2.1 Temperaturfühler

Es sind drei Temperaturfühlereingänge vorhanden.

Temperaturfühler-eingang	Funktion
Umgebungstemperatur	Ausgabe über Display oder Web-Schnittstelle und/oder Kommunikation (Protokollierung)
PV-Modultemperatur	Ausgabe über Display oder Web-Schnittstelle und/oder Kommunikation (Protokollierung)
Einstrahlungssensor-temperatur	Wird intern zur Temperaturkorrektur bei Einstrahlungsmessungen verwendet

Tabelle 4.1 Temperaturfühlereingänge

Bei dem unterstützten Sensortyp handelt es sich um einen PT1000-Temperaturfühler.

4.2.2 Einstrahlungssensor

Die Einstrahlungsmessung wird über das Display oder die Web-Schnittstelle und/oder Kommunikation (Protokollierung) ausgegeben. Bei dem unterstützten Einstrahlungssensortyp handelt es sich um einen passiven Sensor mit einer maximalen Ausgangsspannung von 150 mV.

4.2.3 Stromzähler-Sensor (S0)

Die Daten des Stromzählereingangs werden über das Display oder über die Webschnittstelle und Kommunikation (Protokollierung) ausgegeben. Es werden Stromzähler mit S0 Ausgang gemäß EN 62053-31 Anhang D unterstützt. S0 ist eine logische Zählerschnittstelle. Unterstützt werden Stromzähler mit 1000 oder 5000 Impulsen pro kWh und einer Mindestimpulsbreite von 100 ms.

4.2.4 Relaisausgang

Der Relaisausgang kann für einen der beiden folgenden Zwecke verwendet werden:

- als Auslöser für einen Alarm oder
- als Auslöser für Eigenverbrauch

Das Relais ist ein potentialfreier NO Typ (Normally Open = Arbeitskontakt).

4.2.5 Alarm

Das Relais kann einen visuellen Alarm und/oder ein akustisches Alarmgerät auslösen, um Ereignisse von verschiedenen Wechselrichtern anzuzeigen (um zu erfahren welche, siehe FLX/Benutzerhandbuch).

4.2.6 Eigenverbrauch

Auf Basis einer konfigurierbaren Wechselrichter-Ausgangsleistung oder einer konfigurierbaren Tageszeit kann das Relais so eingestellt werden, dass es eine Verbrauchslast auslöst (z. B. Waschmaschine, Heizung, etc.). Sobald diese aktiviert ist, bleibt das Relais so lange geschlossen, bis der Wechselrichter vom Netz getrennt wird (z. B. am Ende eines Tages), sofern keine Abschaltzeit festgelegt wurde. Um eine Überlastung des internen Relais zu vermeiden, muss sichergestellt werden, dass die externe Last die zulässige Belastung des internen Relais nicht überschreitet (siehe *Installationsanleitung der* Sensor Interface-*Option*). Bei Lasten, die das Potenzial des internen Relais überschreiten, muss ein Hilfsschütz verwendet werden.

4.3 GSM-Optionskit

Mit dem GSM-Optionskit kann der FLX-Wechselrichter Daten über FTP- und GPRS-Verbindung auf ein Data-Warehouse hochladen.

Im Lieferumfang enthalten: GSM-Option (1), Antennenkabel (2) und Antenne (3), siehe *Abbildung 4.3*.
Außerdem erforderlich: aktive SIM-Karte mit PIN-Code.

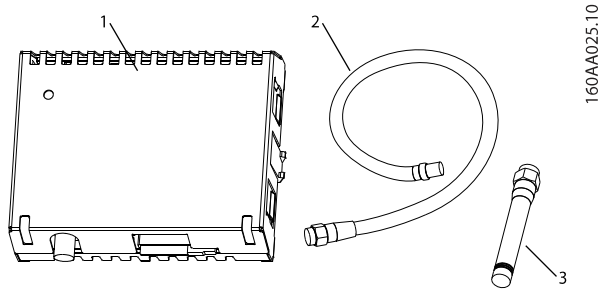
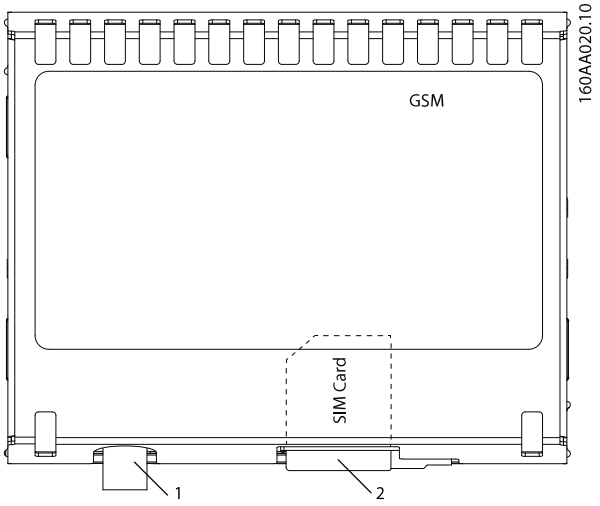


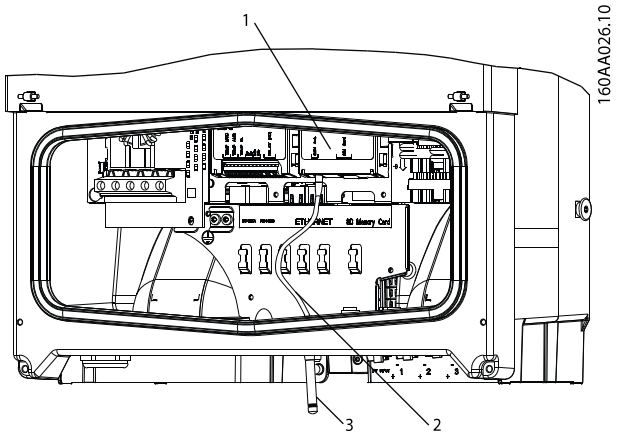
Abbildung 4.3 Lieferumfang des GSM-Optionskits

Informationen zu Installation und Einrichtung finden Sie in der *Installationsanleitung für das GSM-Optionskit*.



1	Anschluss für Antennenkabel
2	Steckplatz für SIM-Karte

Abbildung 4.4 GSM-Option



1	GSM-Option
2	Antennenkabel
3	Antenne

Abbildung 4.5 Korrekt montierte GSM-Option mit Antenne

4.4 RS-485-Kommunikation

Die RS-485-Kommunikation ist mit folgenden Danfoss-Peripheriegeräten möglich:

- CLX Home
- CLX Standard
- CLX Weblogger
- CLX Home GM
- CLX Standard GM

RS-485 unterstützt auch Logger von Drittanbieter. Bei Fragen zur Kompatibilität wenden Sie sich bitte an den Dritthersteller.
Weitere Informationen zur Verdrahtung siehe *5.9 Technische Daten der Hilfsschnittstelle*.
Schließen Sie die RS-485-Kommunikationsgeräte nicht an den Wechselrichter an, wenn dieser als Master konfiguriert ist.

Die RS-485-Kommunikation wird zur Kommunikation mit Zubehörgeräten sowie für Wartungszwecke verwendet.

4.5 Ethernet-Kommunikation

Die Ethernet-Kommunikation kommt bei der Nutzung des Master-Wechselrichter-Modus über die Webschnittstelle zum Einsatz.

Angaben zur Auslegung der Ethernet-Schnittstelle finden Sie unter *5.9 Technische Daten der Hilfsschnittstelle* und *5.10.1 Netzwerktopologie*.

Für Servicezwecke kann über die Ethernet-Kommunikation auf die Service-Web-Schnittstelle zugegriffen werden.

5 Technische Daten

5.1 Technische Daten

5.1.1 Spezifikationen zu den Wechselrichtern

Nomen-klatur	Parameter	FLX- Serie				
		5	6	7	8	9
	Wechselspannung (AC)					
|S|	Nennwert Schein-leistung	5 kVA	6 kVA	7 kVA	8 kVA	9 kVA
$P_{ac,r}$	Nenn-Wirkleistung[1)]	5 kW	6 kW	7 kW	8 kW	9 kW
	Wirkleistung bei cos(phi) = 0,95	4,75 kW	5,7 kW	6,65 kW	7,6 kW	8,55 kW
	Wirkleistung bei cos(phi) = 0,90	4,5 kW	5,4 kW	6,3 kW	7,2 kW	8,1 kW
	Blindleistungsbereich	0 - 3,0 kVAr	0 - 3,6 kVAr	0 - 4,2 kVAr	0 - 4,8 kVAr	0 - 5,4 kVAr
$V_{ac,r}$	AC-Nennspannung (AC-Spannungs-bereich)	3P+N+PE - 230/400 V (+/- 20 %)				
	Nennstrom AC	3 x 7,2 A	3 x 8,7 A	3 x 10,1 A	3 x 11,6 A	3 x 13 A
I_{acmax}	Max. Strom AC	3 x 7,5 A	3 x 9,0 A	3 x 10,6 A	3 x 12,1 A	3 x 13,6 A
	AC-Klirrfaktor (THD, bei Ausgangsnenn-leistung, in %)	-	-	-	-	-
	Einschaltstrom	9,5 A / 10 ms				
$cosphi_{ac,r}$	Leistungsfaktor bei 100 % Last	>0,99				
	Regelleistungs-faktorbereich	0,8 übererregt 0,8 untererregt				
	Standby-Verbrauch	2,7 W				
f_r	Nenn-Netzfrequenz (Bereich)	50 (±5 Hz)				
	Gleichstrom (DC)					
	Max. PV-Eingangs-leistung per MPPT	5,2 kW	6,2 kW	7,2 kW	8 kW	
	Nennleistung DC	5,2 kW	6,2 kW	7,2 kW	8,3 kW	9,3 kW
$V_{dc,r}$	Nennspannung DC	715 V				
V_{dcmin}/ V_{mppmin} - V_{mppmax}	MPP-Spannung - Aktives Tracking [2)] / Nennleistung[3)]	220/250 - 800 V	220/260 - 800 V	220/300 - 800 V	220/345-800 V	220/390 - 800 V
	MPP-Wirkungsgrad (statisch)	99,9 %				
	MPP-Wirkungsgrad (dynamisch)	99,7 %				
V_{dcmax}	Max. Gleich-spannung	1000 V				
$V_{dcstart}$	Einschaltspannung DC	250 V				

Nomen-klatur	Parameter	FLX- Serie				
		5	6	7	8	9
V_{dcmin}	Ausschaltspannung DC	220 V				
I_{dcmax}	Max. MPP-Strom	12 A pro PV-Eingang				
	Max. Kurzschlussstrom DC (bei Standardtestbedingungen)	13,5 A pro PV-Eingang				
	Mind.-Leistung am Netz	20 W				
	Wirkungsgrad					
	Max. Wirkungsgrad	-	97,8 %	-	97,9 %	-
	Euro-Wirkungsgrad V bei dc,r	-	96,5 %	-	97,0 %	-
	Sonstiges					
	Abmessungen (H, B, T), Wechselrichter / einschl. Verpackung	667 x 500 x 233 mm / 774 x 570 x 356 mm				
	Montageempfehlung	Wandhalterung				
	Gewicht, Wechselrichter / einschl. Verpackung	38 kg / 44 kg				
	Geräuschbelastung[4]	-				
	MPP-Tracker	2				
	Betriebstemperaturbereich	-25...60 °C				
	Nenntemperaturbereich	-25...45 °C				
	Lagertemperatur	-25...60 °C				
	Überlastbetrieb	Betriebspunktänderung				
	Überspannungskategorien	Netz: Überspannungskategorie III (OVC III) PV: Überspannungskategorie II (OVC II)				

Tabelle 5.1 Spezifikationen

[1] Bei einer Nenn-Netzspannung von ($V_{ac,r}$), Cos(phi)=1.

[2] Um den vollen Bereich zu nutzen, müssen asymmetrische Auslegungen beachtet werden, einschließlich Spannung bei Inbetriebnahme für mindestens einen String. Ob die Nennleistung erreicht wird, hängt von der Konfiguration ab.

[3] Bei symmetrischer Eingangskonfiguration.

[4] SDP (Schalldruckpegel) bei 1 m unter normalen Betriebsbedingungen. Gemessen bei 25 °C.

5

Nomen-klatur	Parameter	FLX- Serie				
		10	12.5	15	17	
	Wechselspannung (AC)					
|S|	Nennwert Schein-leistung	10 kVA	12,5 kVA	15 kVA	17 kVA	
$P_{ac,r}$	Nenn-Wirkleistung[1)]	10 kW	12,5 kW	15 kW	17 kW	
	Wirkleistung bei cos(phi) = 0,95	9,5 kW	11,9 kW	14,3 kW	16,2 kW	
	Wirkleistung bei cos(phi) = 0,90	9,0 kW	11,3 kW	13,5 kW	15,3 kW	
	Blindleistungsbereich	0 - 6,0 kVAr	0-7,5 kVAr	0-9,0 kVAr	0-10,2 kVAr	
$V_{ac,r}$	AC-Nennspannung (AC-Spannungs-bereich)	3P+N+PE - 230/400 V (+/- 20 %)				
	Nennstrom AC	3 x 14,5 A	3 x 18,2 A	3 x 21,7 A	3 x 24,7 A	
I_{acmax}	Max. Strom AC	3 x 15,1 A	3 x 18,8 A	3 x 22,6 A	3 x 25,6 A	
	AC-Klirrfaktor (THD, bei Ausgangsnenn-leistung, in %)	-	<2 %			
	Einschaltstrom	0.5 A / 10 ms				
$cosphi_{ac,r}$	Leistungsfaktor bei 100 % Last	>0,99				
	Regelleistungs-faktorbereich	0,8 übererregt 0,8 untererregt				
	Standby-Verbrauch	2,7 W				
f_r	Nenn-Netzfrequenz (Bereich)	50 (±5 Hz)				
	Gleichstrom (DC)					
	Max. PV-Eingangs-leistung per MPPT	8 kW				
	Nennleistung DC	10,4 kW	12,9 kW	15,5 kW	17,6 kW	
$V_{dc,r}$	Nennspannung DC	715 V				
V_{dcmin}/ V_{mppmin} - V_{mppmax}	MPP-Spannung - Aktives Tracking [2)] / Nennleistung[3)]	220/430 - 800 V	220/360 - 800 V	220/430 - 800 V	220/485 - 800 V	
	MPP-Wirkungsgrad (statisch)	99,9 %				
	MPP-Wirkungsgrad (dynamisch)	99,7 %				
V_{dcmax}	Max. Gleich-spannung	1000 V				
$V_{dcstart}$	Einschaltspannung DC	250 V				
V_{dcmin}	Ausschaltspannung DC	220 V				
I_{dcmax}	Max. MPP-Strom	12 A pro PV-Eingang				
	Max. Kurzschlussstrom DC (bei Standardtestbe-dingungen)	13,5 A pro PV-Eingang				
	Mind.-Leistung am Netz	20 W				

Nomen-klatur	Parameter	FLX- Serie				
		10	12.5	15	17	
	Wirkungsgrad					
	Max. Wirkungsgrad	98%				
	Euro-Wirkungsgrad V bei dc,r	97,0 %	97,3 %	97,4 %	97,4 %	
	Sonstiges					
	Abmessungen (H, B, T), Wechselrichter / einschl. Verpackung	667 x 500 x 233 mm / 774 x 570 x 356 mm				
	Montageempfehlung	Wandhalterung				
	Gewicht, Wechsel-richter / einschl. Verpackung	38 kg / 44 kg	39 kg / 45 kg			
	Geräuschbelastung[4]	-	55 dB(A)			
	MPP-Tracker	2	3			
	Betriebstemperatur-bereich	-25...60 °C				
	Nenntemperatur-bereich	-25...45 °C				
	Lagertemperatur	-25...60 °C				
	Überlastbetrieb	Betriebspunktänderung				
	Überspannungskate-gorien	Netz: Überspannungskategorie III (OVC III) PV: Überspannungskategorie II (OVC II)				

Tabelle 5.2 Spezifikationen

[1] Bei einer Nenn-Netzspannung von ($V_{ac,r}$), Cos(phi)=1.

[2] Um den vollen Bereich zu nutzen, müssen asymmetrische Auslegungen beachtet werden, einschließlich Spannung bei Inbetriebnahme für mindestens einen String. Ob die Nennleistung erreicht wird, hängt von der Konfiguration ab.

[3] Bei symmetrischer Eingangskonfiguration.

[4] SDP (Schalldruckpegel) bei 1 m unter normalen Betriebsbedingungen. Gemessen bei 25 °C.

Parameter	FLX- Serie
Steckverbindertyp	Sunclix
Möglichkeit zur parallelen Stringver-schaltung	Ja
Schnittstelle	Ethernet (Web-Schnittstelle), RS-485
Optionen	GSM-Option Kit, Sensorschnittstellenoption, PLA-Option
PV-Sweep	Ja
Überlastbetrieb	Betriebspunktänderung
Netzunterstützende Funktionen	Fault Ride Through
Wirkleistungsregelung[5]	Integriert oder über externes Gerät
Blindleistungsregelung[5]	Ja
DC-Kurzschlussschutz	Ja

Tabelle 5.3 Wechselrichtermerkmale und -funktionen

[5] Fernsteuerung über externes Gerät.

Parameter		FLX- Serie
Elektrisch		
	Sicherheit (Schutzklasse)	Klasse I (geerdet)
	PELV auf der Kommunikations- und Steuerkarte	Klasse II
	Überspannungskategorien	Netz: Überspannungskategorie III (OVC III) PV: Überspannungskategorie II (OVC II)
Funktional		
	Inselbetriebserkennung – Netzausfall	• Trennung • Dreiphasenüberwachung • ROCOF • Aktive Frequenzverschiebung
	Spannungsamplitude	Trennung, enthalten
	Frequenz	Trennung, enthalten
	Gleichstromanteil im Wechselstrom	Trennung, enthalten
	Isolationswiderstand	Anschluss verhindert, enthalten
	Fehlerstromüberwachungseinheit (RCMU) – Typ B	Trennung, enthalten

Tabelle 5.4 Sicherheitsspezifikationen

5.1.2 Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad wurde mit einem Leistungsanalysator über einen Zeitraum von 250 s bei 25 °C und einem 230-V-AC-Netz gemessen. Der Wirkungsgradverlauf der einzelnen FLX-Wechselrichtertypen ist nachstehend dargestellt:

Diagramme und Tabelle ausstehend. Erst zur Drucklegung des Handbuchs verfügbar.

5.2 Grenzwerte für die Leistungsreduzierung

Um sicherzustellen, dass die Wechselrichter die Nennleistung erzeugen können, werden bei der Durchsetzung der in *Tabelle 5.5* angegebenen Leistungsreduzierungsgrenzwerte etwaige Messungenauigkeiten berücksichtigt.

(Grenzwert = Nennwert + Toleranz).

	FLX-Serie								
	5	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**12.5**	**15**	**17**
Netzstrom, pro Phase	7,5 A	9,0 A	10,6 A	12,1 A	13,6 A	15,1 A	18,8 A	22,6 A	25,6 A
Netzleistung, gesamt	5150 W	6180 W	7210 W	8240 W	9270 W	10300 W	12875 W	15450 W	17510 W

Tabelle 5.5 Grenzwerte für die Reduzierung des Auslegungsverhältnisses

5.3 Normen und Standards

	FLX-Serie								
Internationale Normen	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**12.5**	**15**	**17**
EC-Niederspannungsrichtlinie	2006/95/EC								
EC-Richtlinie zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV)	2004/108/EC								
Sicherheit	IEC 62109-1/IEC 62109-2								
Integrierter PV-Trennschalter (DC-Schalter)	VDE 0100-712								
Funktionale Sicherheit	IEC 62109-2								
EMV-Störfestigkeit	EN 61000-6-1								
	EN 61000-6-2								
EMV-Störaussendung	EN 61000-6-3								
	EN 61000-6-4								
Oberschwingungsströme	EN 61000-3-2/-3						EN 61000-3-11/-12		
CE	Ja								

	FLX-Serie
Eigenschaften des Versorgungsnetzes	IEC 61727
	EN 50160
S0-Stromzähler (optional)	EN 62053-31 Anhang D

Tabelle 5.6 Konformität mit internationalen Normen

5.4 Installationsbedingungen

Parameter	Technische Daten
Temperatur	–25 °C - +60 °C (bezüglich temperaturbedingter Leistungsreduzierung siehe *2.3.5 Leistungsreduzierung*.)
Relative Luftfeuchtigkeit	95 % (nicht kondensierend)
Verschmutzungsgrad	PD2
Umgebungsklassifizierung gemäß IEC	IEC60721-3-3 3K6/3B3/3S3/3M2
Luftqualität – Allgemein	ISA S71.04-1985 Klasse G2 (bei 75 % rF)
Luftqualität – an der Küste, in Industriegebieten und landwirtschaftlichen Regionen	Muss gemäß ISA S71.04-1985 gemessen und eingestuft werden
Vibrationen	1G
Schutzart des Produkts beachten.	IP65
Max. Betriebshöhe	2000 m über NN. Der PELV-Schutz ist nur in einer Höhe von bis zu 2000 m über NN wirksam.
Installation	Ständigen Kontakt mit Wasser vermeiden. Direkte Sonneneinstrahlung vermeiden. Ausreichende Belüftung sicherstellen. Auf nicht entflammbarer Oberfläche montieren. Gerade auf vertikaler Oberfläche montieren. Staub und Ammoniakgase vermeiden. Der FLX Wechselrichter ist für den Außenbereich geeignet.

Tabelle 5.7 Installationsbedingungen

Parameter	Bedingung	Technische Daten
Wandhalterung	Bohrungsdurchmesser	30 x 9 mm
	Ausrichtung	Senkrecht ±5° alle Winkel

Tabelle 5.8 Spezifikationen der Wandhalterung

5.5 Netzsicherungsdaten

	FLX- Serie								
	5	6	7	8	9	10	12.5	15	17
Maximaler Wechselrichterstrom, I_{acmax}	7,5 A	9 A	10,6 A	12,1 A	13,6 A	15,1 A	18,8 A	22,6 A	25,6 A
Empfohlener Typ der trägen Sicherung gL/gG*)	10 A	13 A	13 A	13 A	16 A	16 A	20 A	25 A	32 A
Empfohlene automatische Sicherung Typ B oder C*)	16 A	16 A	16 A	20 A	20 A	20 A	25 A	25 A	32 A

Tabelle 5.9 Spezifikation für die Netzsicherungen

*) *Wählen Sie nur Sicherungen, die den nationalen Vorschriften entsprechen.*

5.6 Kabelspezifikationen

HINWEIS

Halten Sie sich an die Vorgaben in den Tabellen und Abbildungen, einen Verlust größer 1 % zur Wechselrichter-Nennleistung zu vermeiden.

HINWEIS

In der Tabelle sind nur Kabellängen von weniger als 100 m angegeben.

Technische Daten		FLX-Serie								
Max. AC-Kabellänge [m]	AC-Kabelgröße	5	6	7	8	9	10	12.5	15	17
	2,5 mm2	43 m	36 m	31 m	27 m	24 m	21 m	1)	1)	1)
	4 mm^2	69 m	57 m	49 m	43 m	38 m	34 m	27 m	2)	2)
	6 mm^2		86 m	74 m	64 m	57 m	52 m	41 m	34 m	30 m
	10 mm^2					95 m	86 m	69 m	57 m	51 m
	16 mm^2								92 m	81 m
AC-Kabeltyp		5-adriges Kupferkabel								
Außendurchmesser AC-Kabel		18-25 mm								
Abisolierung AC-Kabel		Alle fünf Adern 16 mm abisolieren								
PE-Kabeldurchmesser		Größer oder gleich dem Durchmesser der AC-Außenleiter								

Tabelle 5.10 AC-Kabelspezifikationen

1) Die Verwendung eines Kabels mit einem Durchmesser unter 4 mm^2 wird nicht empfohlen.

2) Die Verwendung eines Kabels mit einem Durchmesser unter 6 mm^2 wird nicht empfohlen.

Technische Daten		FLX-Serie
DC-Kabeltyp		Min. 1000 V, 13,5 A
DC-Kabellänge	DC-Kabelquerschnitt 4 mm2 - 4,8 Ω/km	< 200 m*
	DC-Kabelquerschnitt 6 mm2 - 3,4 Ω/km	200-300 m*
Gegenstecker		Sunclix PV-CM-S 2,5-6(+)/PV-CM-S 2,5-6(-)

Tabelle 5.11 DC-Kabelspezifikationen

** Der Abstand zwischen Wechselrichter und PV-String und zurück sowie die Gesamtlänge der Kabel für die Installation des PV-Arrays.*

Bei der Auswahl von Kabeltyp und -querschnitt ist außerdem Folgendes zu berücksichtigen:

- Umgebungstemperatur
- Kabelverlegung (Verlegung in der Wand, Erdverlegung, Freiverlegung usw.)
- UV-Beständigkeit

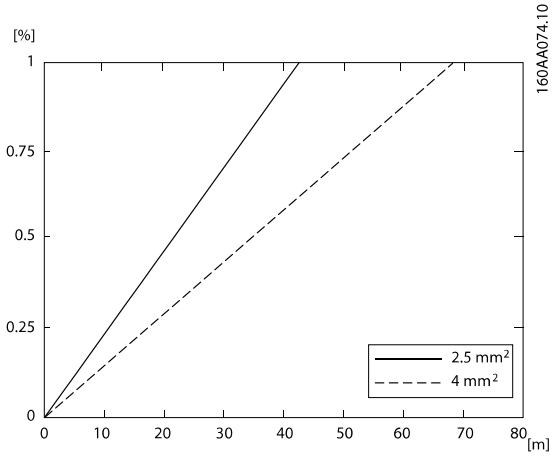


Abbildung 5.1 FLX Serie 5, Kabelverluste [%] gegenüber Kabellänge [m]

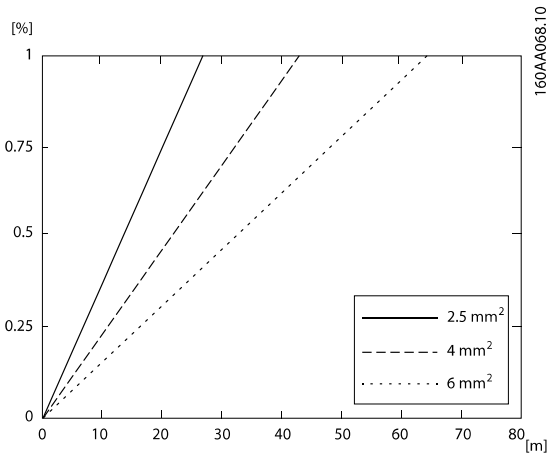


Abbildung 5.4 FLX Serie 8, Kabelverluste [%] gegenüber Kabellänge [m]

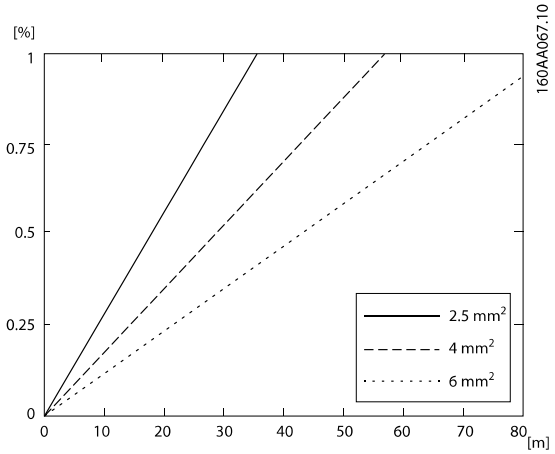


Abbildung 5.2 FLX Serie 6, Kabelverluste [%] gegenüber Kabellänge [m]

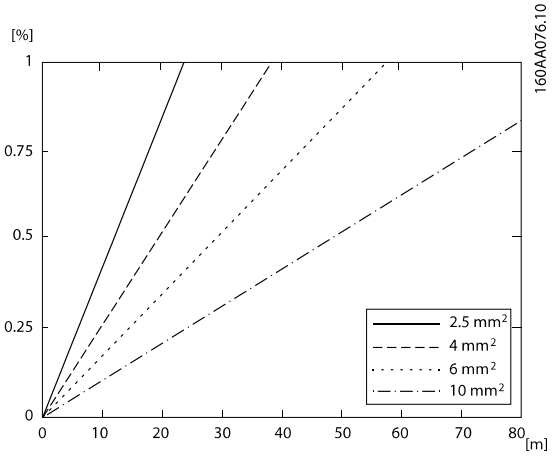


Abbildung 5.5 FLX Serie 9, Kabelverluste [%] gegenüber Kabellänge [m]

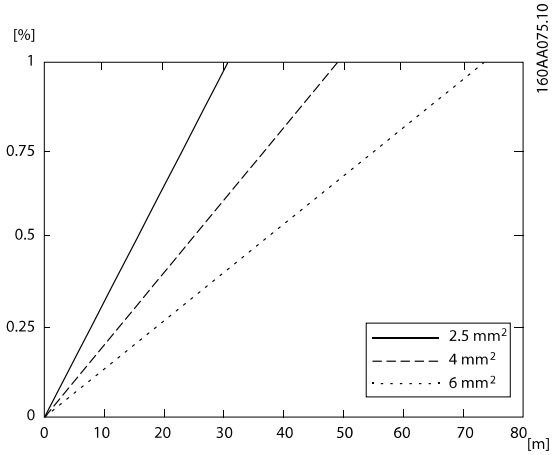


Abbildung 5.3 FLX Serie 7, Kabelverluste [%] gegenüber Kabellänge [m]

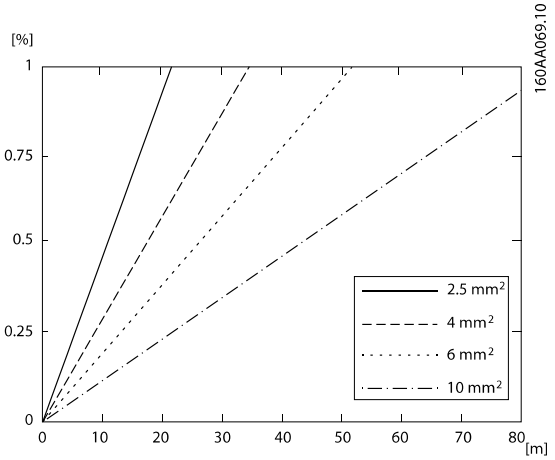


Abbildung 5.6 FLX Serie 10, Kabelverluste [%] gegenüber Kabellänge [m]

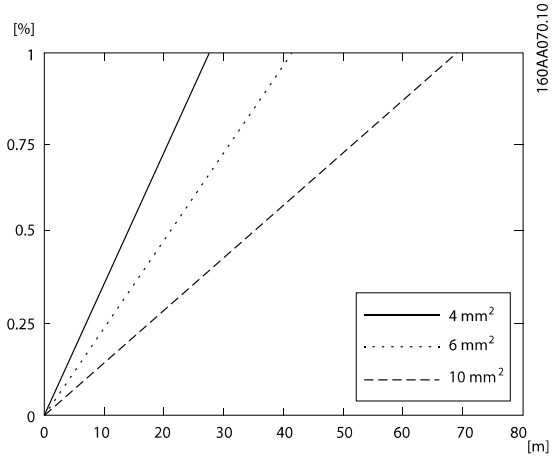


Abbildung 5.7 FLX-Serie 12.5, Kabelverluste [%] gegenüber Kabellänge [m]

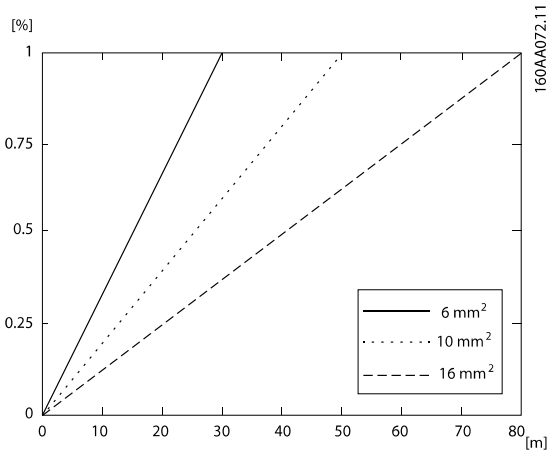


Abbildung 5.9 FLX-Serie 17, Kabelverluste [%] gegenüber Kabellänge [m]

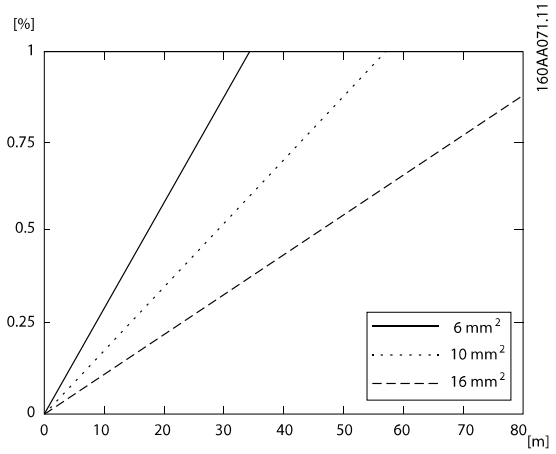


Abbildung 5.8 FLX-Serie 15, Kabelverluste [%] gegenüber Kabellänge [m]

5.7 Drehmomentvorgaben

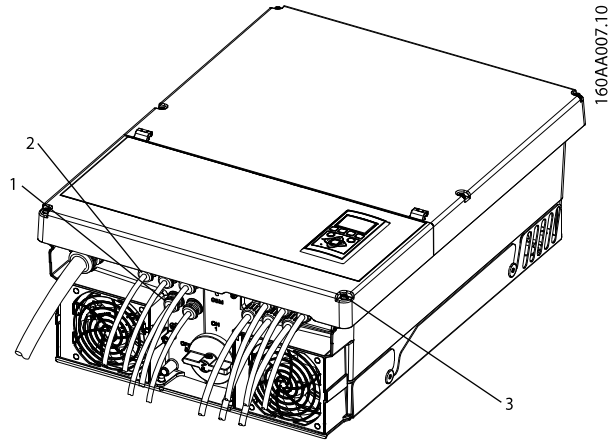


Abbildung 5.10 Überblick über Wechselrichter mit Drehmomentvorgaben 1

	Parameter	Werkzeug	Anzugsmoment
1	M16-Kabelverschraubung	Schlüssel 19 mm	3,75 Nm
	M16-Kabelverschraubung, Überwurfmutter	Schlüssel 19 mm	2,5 Nm
2	M25-Kabelverschraubung	Schlüssel 27 mm	7,5 Nm
	M25-Kabelverschraubung, Überwurfmutter	Schlüssel 27 mm	5,0 Nm
3	Vordere Schraube	Torx TX 20	1,5 Nm

Tabelle 5.12 Nm-Spezifikationen 1

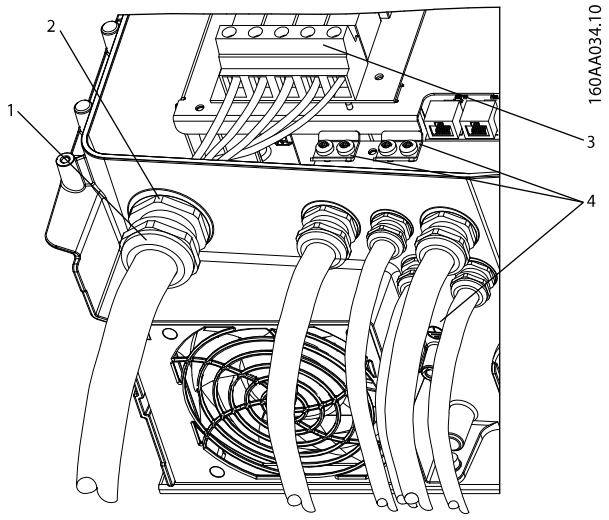


Abbildung 5.11 Überblick über Wechselrichter mit Drehmomentvorgaben 2

	Parameter	Werkzeug	Anzugsmoment
1	M32-Kabelverschraubung	Schlüssel 42 mm	7,5 Nm
2	M32-Kabelverschraubung, Überwurfmutter	Schlüssel 42 mm	5,0 Nm
3	Klemmen an AC-Klemmenleiste	Pozidriv PZ2 oder Schlitz 1,0 x 5,5 mm	2,0 - 4,0 Nm
4	PE	Torx TX 20 oder Schlitz 1,0 x 5,5 mm	2,2 Nm

Tabelle 5.13 Nm-Spezifikationen 2

5.8 Netzsicherungsdaten

	FLX- Serie								
	5	6	7	8	9	10	12.5	15	17
Maximaler Wechselrichterstrom, I_{acmax}	7,5 A	9 A	10,6 A	12,1 A	13,6 A	15,1 A	18,8 A	22,6 A	25,6 A
Empfohlener Typ der trägen Sicherung gL/gG*)	10 A	13 A	13 A	13 A	16 A	16 A	20 A	25 A	32 A
Empfohlene automatische Sicherung Typ B oder C*)	16 A	16 A	16 A	20 A	20 A	20 A	25 A	25 A	32 A

Tabelle 5.14 Spezifikation für die Netzsicherungen

**) Wählen Sie nur Sicherungen, die den nationalen Vorschriften entsprechen.*

5.9 Technische Daten der Hilfsschnittstelle

Schnittstelle	Parameter	Parameterdetails	Technische Daten
RS-485 und Ethernet	Kabel	Durchmesser Kabelmantel (⌀)	2 x 5-7 mm
		Kabeltyp	STP-Kabel (Shielded Twisted Pair, CAT 5e oder SFTP CAT 5e) 2)
		Wellenwiderstand (Impedanz) der Kabel	100 Ω – 120 Ω
	RJ-45-Steckverbinder: 2 x RJ-45 für RS-485 2 x RJ-45 für Ethernet	Drahtstärke	24–26 AWG *je nach Ausführung des RJ-45-Steckers)
		Kabelschirmabschluss	Über RJ-45-Stecker
	Galvanische Schnittstellentrennung		Ja, 500 Veff
	Direkter Berührungsschutz	Doppelte/verstärkte Isolierung	Ja
	Kurzschlussschutz		Ja
Nur RS-485	Kabel	Max. Kabellänge	1000 m
	Max. Anzahl Wechselrichterknoten		63
Nur Ethernet	Kommunikation	Netzwerktopologie	Sternverbindung und verkettete Verbindung
	Kabel	Max. Kabellänge zwischen Wechselrichtern	100 m
	Max. Anzahl der Wechselrichter		100[1)]

Tabelle 5.15 Technische Daten der Hilfsschnittstelle

[1] Die max. Anzahl der Wechselrichter ist 100. Bei Nutzung eines GSM-Modems für den Datenupload ist die Höchstzahl der Wechselrichter in einem Netzwerk auf 50 begrenzt.

[2] Für den Einsatz in Außenbereichen wird sowohl für Ethernet als auch für RS-485 ein Erdkabel (unterirdisch verlegt) empfohlen.

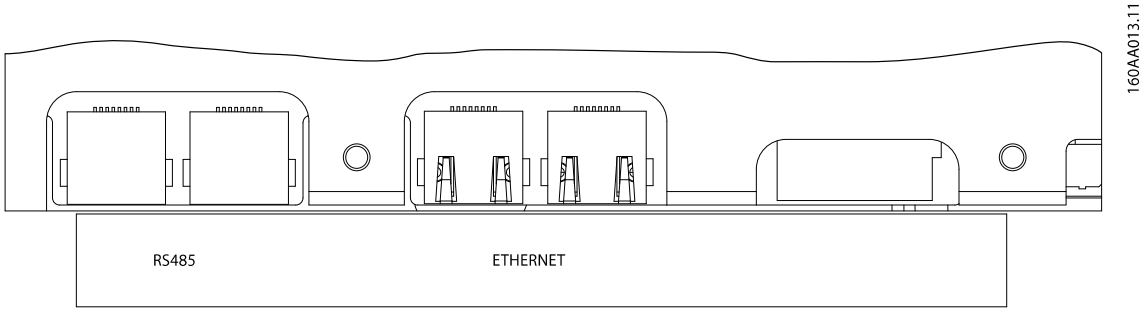


Abbildung 5.12 Zusatzschnittstellen

5.10 RS-485- und Ethernet-Anschlüsse

RS-485

Der RS-485-Kommunikationsbus muss an beiden Kabelenden terminiert werden.

- Wenn kein RJ-45-Stecker in die Buchse eingesteckt wird, erfolgt der Abschluss automatisch. Ohne Gegenstecker sind sowohl Abschluss als auch Bias möglich.
- In seltenen Fällen ist Bias unerwünscht, eine Terminierung jedoch erforderlich. Um den RS-485-Bus zu terminieren, ist ein Abschlusswiderstand (100 Ω) zwischen Pin 3 und Pin 6 eines vor Ort montierbaren RJ-45-Steckverbinders einzusetzen. Diesen Steckverbinder (mit Widerstand) in die nicht belegte RJ-45-Buchse stecken.

Die RS-485-Adresse des Wechselrichters ist eindeutig und wird werkseitig definiert.

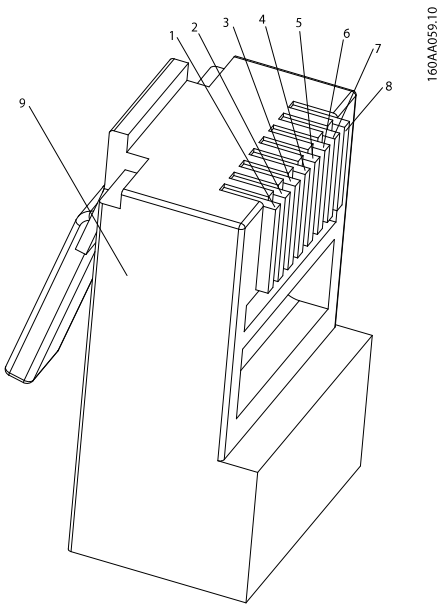
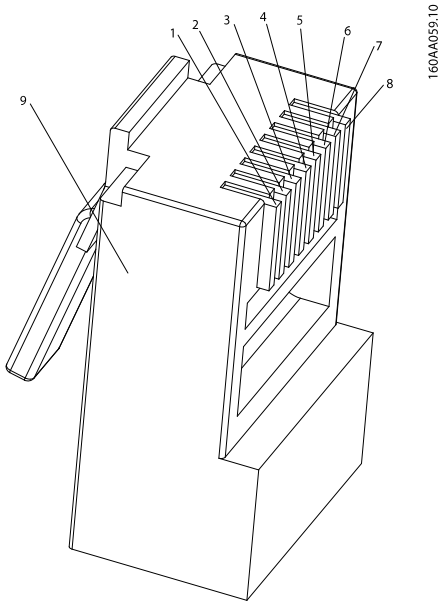


Abbildung 5.13 Pinbelegung des RJ-45-Steckers für RS-485

1.	**GND**
2.	GND
3.	**RX/TX A** (-)
4.	BIAS L
5.	BIAS H
6.	**RX/TX B** (+)
7.	Kein Anschluss
8.	Kein Anschluss
9.	**Abschirmung**

Tabelle 5.16

***Fett** = Obligatorisch, Cat5-Kabel enthält alle acht Adern.*
Für Ethernet: 10Base-TX und 100Base-TX Auto Cross-Over.



Pinbelegung Ethernet	Farbstandard	
	Kat. 5 T-568A	Kat. 5 T-568B
1. RX+	Grün/Weiß	Orange/Weiß
2. RX	Grün	Orange
3. TX+	Orange/Weiß	Grün/Weiß
4.	Blau	Blau
5.	Blau/Weiß	Blau/Weiß
6. TX-	Orange	Grün
7.	Braun/Weiß	Braun/Weiß
8.	Braun	Braun
9.	Abschirmung	Abschirmung

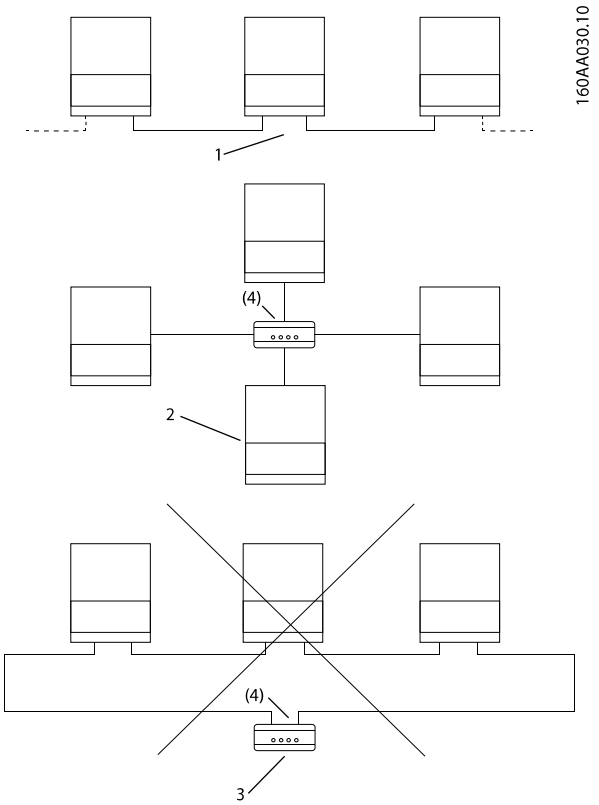
Abbildung 5.14 Pinbelegung des RJ-45-Steckers für RS-485

5.10.1 Netzwerktopologie

Der Wechselrichter verfügt über zwei Ethernet-RJ-45-Buchsen, die den Anschluss mehrerer Wechselrichter in einer Linientopologie ermöglichen (als Alternative zur üblichen Sterntopologie). Die FLX haben einen Ethernet-Switch eingebaut – beide Buchsen können benutzt werden. Beim RS-485 kann ausschließlich die linienförmige „Daisy Chain"-Topologie angewandt werden.

HINWEIS

Eine Ringtopologie ist nicht zulässig.



1	Linienförmige „Daisy Chain"-Verbindungen
2	Sterntopologie
3	Ringtopologie (nicht zulässig)
(4)	(Ethernet-Switch)

Abbildung 5.15 Netzwerktopologie

HINWEIS

Eine Mischung der beiden Netzwerktypen ist nicht möglich. Der Wechselrichter kann nur an reine RS-485- oder Ethernet-Netzwerke angeschlossen werden.

HINWEIS

Zur schnelleren Kommunikation empfiehlt sich eine Ethernet-Verbindung.
Bei Anschluss eines Webloggers oder Datenloggers an den Wechselrichter ist eine RS-485-Verbindung erforderlich.

Danfoss Solar Inverters A/S
Nordborgvej 81
DK-6430 Nordborg
Denmark
Tel: +45 7488 1300
Fax: +45 7488 1301
E-mail: solar-inverters@danfoss.com
www.danfoss.com/solar

Die in Katalogen, Prospekten und anderen schriftlichen Unterlagen, wie z.B. Zeichnungen und Vorschlägen enthaltenen Angaben und technischen Daten sind vom Käufer vor Übernahme und Anwendung zu prüfen. Der Käufer kann aus diesen Unterlagen und zusätzlichen Diensten keinerlei Ansprüche gegenüber Danfoss oder Danfoss-Mitarbeitern ableiten, es sei denn, daß diese vorsätzlich oder grob fahrlässig gehandelt haben. Danfoss behält sich das Recht vor, ohne vorherige Bekanntmachung im Rahmen des Angemessenen und Zumutbaren Änderungen an ihren Produkten – auch an bereits in Auftrag genommenen – vorzunehmen. Alle in dieser Publikation enthaltenen Warenzeichen sind Eigentum der jeweiligen Firmen. Danfoss und das Danfoss-Logo sind Warenzeichen der Danfoss A/S. Alle Rechte vorbehalten.

Rev. date 2013-11-22 Lit. No. L00410605-02_03